VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Využití Sig Sigma při optimalizaci procesu výroby vybraného dílce

The use Six Sigma in Optimizing the Production Process of the Selected Part

Student: Bc. Damián Zakuťanský

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Damián Zakuťanský**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 10 Technologický management

Téma: Využití Six Sigma při optimalizaci procesu výroby vybraného dílce
The Use Six Sigma in Optimizing the Production Process of the Selected Part

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska systému řízení výroby, výrobního procesu, jeho efektivity, kvality výroby apod.
3. Vyhodnocení analýzy, identifikace problémů, specifikace požadavků vzhledem k řešené problematice.
4. Návrhy řešení a jejich komplexní posouzení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197). *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.* Praha: ÚNMZ, 2011. 40 s.
PYZDEK, T., KELLER. P. A. *The Six Sigma handbook.* 4th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014, 690 s. ISBN 978-0-07-184053-8.
TÖPFER, A. *Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb.* 1. vyd. Brno: Computer Press, 2008, 508 s. ISBN 978-80-251-1766-8.
BROOK, Q. *Lean Six Sigma and Minitab.* 3th ed. OPEX Resources Ltd., 2010, 293 s. ISBN 978-0-9546813-6-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 12.12.2014
Datum odevzdání: 18.05.2015

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA Fakulta strojní -4- OSTRAVA

doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. 5. 2015 ……..

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18. 5. 2015 ……

……

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Damián Zakuťanský

Adresa trvalého pobytu autora práce: Ostrava, Svornosti 2315/20, PSČ 700 30

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ZAKUŤANSKÝ, D. *Využití Six Sigma při optimalizaci procesu výroby vybraného dílce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2015, 90 s. Vedoucí práce: Šajdlerová, I.

Podstatou diplomové práce je pomocí metodiky a nástrojů Six Sigma optimalizovat proces výroby vybraného dílce ve společnosti Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. v teoretické části je představena metodika Six Sigma a její přístup k řízení projektů a řešení problémů DMAIC. Jsou zde popsány i nástroje Lean Six Sigma použité v praktické části diplomové práce. V praktické časti je popsán samotný podnik, provedena základní analýza procesu řízení výroby pomocí mapování toku hodnot. Následně pomocí metodiky a nástrojů Six Sigma je veden a mentorován projekt, který řeší konkrétní problematiku výroby dílce na jednom z výrobních úseků podniku.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ZAKUTANSKY, D..*The use of Six Sigma in optimizing the production proces of the selected part: Master Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2015, 90 p. Thesis head: Šajdlerová, I.

A basis of the master thesis is to optimize production proces of selected part by Six Sigma methodology and tools in Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. The master thesis is separated to two main parts. In first theoretical part , there is in coperhensive way described an approach of Six Sigma problem solving and project management by DMAIC methodology. Also there are described main tools used in a project described in practical part of the thesis.. There is also desribed the company itself. The second, practical part mainly deals with a real project managed and mentored by Six Sigma methodology which solves a problem of optimization of production proces of chosen part.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

5S – metoda uržování pořádku a přehlednosti na pracovišti

6σ – statistická veličina přirozené variability procesů

CA03 – transakce v systému SAP pro report výrobního postupu

CMM - Coordinate-measuring machine, souřadnicové měřící zařízení

COOIS – transakce v systému SAP pro report výrobních zakázek a jejich průběhu

CoV – koeficient variability

DET – detekovatelnost příčiny v rámci FMEA

DHL – logistická společnost

DMADV – přístup Six Sigma k vedení projektů vývoje nových produktů

DMAIC – přístup Six Sigma k vedení projektu řešení problémů a zlepšování

DoE – Design of Expetiment, plánovaný experiment

FIFO – First In First Out – systém řízení fronty před pracovištěm

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis, metoda kvantifikace a řízení rizik

HAO – zkratka společnosti Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o.

HOS – Honeywell Operating System, systém řízení společnosti Honeywell

HOT part – dílec ve výrobě s absolutní prioritou

ISO – Evropský systém norem

JIT – Just In Time, přístup k řízení výroby společnosti Toyota

Kaizen – filozofie neustálého zlepšování

Kanban – systém řízení výroby na základě výrobních karet

Labour – procesní čas operace

Lean expert – specialista štíhlé výroby

Lean Six Sigma – metodika sjednocující štíhlou výrobu a Six Sigma

LT – lead time, průběžný čas výroby

Miss – stav, kdy výrobní zakázka nedodržela termín dokončení

MRP – material resource planning, způsob plánování výroby

MSA – Measurement system evaluation, hodnocení systému měření

NASA – Kosmická agentura Spojených státu Amerických

OCC – Occurence, hodnocení přavděpodobnosti výskytu rizika v rámci FMEA

OPL – opravný list, technologický postup pro opravu neshodného dílce

OPS – operation specialist, vedoucí výroby

OTTR – on time to request, výkonnostní ukazatel včasnosti výroby

PCE - Process Cycle Efficiency, poměr VA a NVA časů v rámci VSM

QN – quality notification, neshoda

RMRA – žádost o výjimku zákazníka v případě prodeje neshodného dílce

ROP – Reorder point, způsob řízení zásob

RPN – Risk Priority Number, celková hodnota rizika v rámci FMEA

RPS – Rapid Problem Solving, metoda rychlého řešení problémů

SAP – elektronický software řízení výroby

SCRAMPER – metoda generování myšlenek a nápadů

SCRAP – neshodný dílec, zmetek

SETUP – přípravný čas výroby

SEV – Severity, hodnocení dopadu rizika při selhání v rámci FMEA

SIPOC – metoda k určení hranic projekt

Six Sigma – inovativní přístup ke kvalitě a řízení projektů

SMART – metoda definování cílů – Specifický, meřitelný, akceptovatelný, reálný, termínovaný

SPC – Statistical Process Control, statistické řízení procesů

SSC – webová aplikace společnosti Honeywell

Tier – označení operativních porad na několika úrovních

TIG – metoda svařování

TPS – Toyota Production System, výrobní systém společnosti Toyota

Trigger – Signál k odeslání dílce v rámci Kanban

VA/NVA – čas přidávající/nepřidávající hodnotu

VoC – Voice of Customer, metoda analýzy problému a potřeb zákazníka

VSM – mapování toku hodnot

WIP – rozpracovaná výroba

ÚVOD

„Když všichni mluví o nemožnostech, hledej možnosti.“

(Tomáš Baťa)

Řízení výroby je pro výrobní podnik jednou ze základních funkcí. V průběhu historie se řízení výroby povýšilo téměř vědeckou disciplínu, kdy se hledaly a stále hledají ty nejlepší způsoby, jak uspokojit potřeby zákazníka finančně co nejefektivněji a nejrychleji. Tyto snahy daly za vznik nejrůznějším přístupům a filozofiím jak výrobu, respektive podnik jako celek spravovat a řídit.

Od dob prvních manufaktur a dělby práce mezi stroje a člověka se výroba posunula přes zavedení první sériové a hromadné výroby až k zakázkové výrobě na základě specifických požadavků zákazníka. Odklon od jednotvárné unifikace výrobků k jejich individualizaci, při současném udržení nízké úrovně nákladů na výrobu, klade na flexibilitu výroby podniku a její řízení čím dál tím větší nároky.

Mezi v současnosti nejskloňovanější přístupy jak efektivně řídit výrobu spolu s neustálým zlepšováním zavedených systémů jsou štíhlá výroba a Six Sigma. Firmy bez rozdílu ve velikosti hromadně přejímají zkušenosti průkopníků v oborech zeštíhlování procesů a inovativním přístupu ke kvalitě Six Sigma. A právě Six Sigma a její koncept řízení projektů DMAIC je v této diplomové práci stěžejním přístupem v řešení optimalizace procesu výroby.

Cílem diplomové práce je využít filozofii Six sigma a její přístup k řešení problémů pomocí projektového managementu založeném na metodě DMAIC a následně tento přístup aplikovat v praxi při optimalizaci výroby konkrétního dílce ve společnosti Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o.

1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

1.1 Six Sigma

Pojem Six Sigma zahrnuje mnoho významů a je mnohými i různě popisován. Pod pojmem Six Sigma se v podstatě skrývá strategie, typická pro všechny úspěšné podniky s vysokou orientací na kvalitu. Zde je zákazník a jeho potřeby ve středu zájmu a zisk společnosti je důsledkem jeho spokojenosti, bezchybné výroby a procesů. A to díky využívání vědeckých a statistických metod spolu se zapojením všech zaměstnanců na zlepšování podniku. [1]

Koncepce 6σ původně vznikla ve společnosti Motorola v 80. letech 20. století a její aplikace měla za cíl snižování defektů napříč výrobou. Motorola se pomocí 6σ stala světovým lídrem jak v oblasti kvality, tak profitu. Původní přístup ke kvalitě a defektům se následně rozpracoval ve společnostech General Electric a Allied Signal (dnes Honeywell) a stal se rovnocennou filozofií jako je štíhlá výroba pro řízení podniku jako celku. [1] [2][3]

Dnes se dá Six Sigma také definovat jako systém, který využívá stávající přístupy k řízení kvality, ale posouvá úroveň požadované kvality až na úroveň nulových defektů. Nabízí také projektový management zaměřený na změnu a zlepšování stávajících procesů, tak přístupy a nástroje k vývoji nových procesů. [1]

Cílem společností využívající Six Sigma je kontrolovat procesy pomocí statistickým metod a rozhodovat se na základě dat a analýz z nich namísto pocitů a domněnek. Tímto se firmy snaží předvídat chování procesů, které sledují a v konečném důsledku zamezit nekvalitě, chybě či jinému selhání vedoucím ke ztrátám.[1]

Tabulka 1 Přístupy Six Sigma / 6σ

Six Sigma	**6σ**
Chytrý projektový management s fundovaným statistickým základem a učinnými nástroji managementu kvality	Statistická konceptce měření
Systematická metodika (DMAIC, DMADV) Projektový a procesní management Toolbox - Procesní analýza, řešení problémů, statistika) Filozofie kultura kvality na úrovní nulových defektů Způsob, jakým pracujeme	Ukazatel výkonnosti procesu 3,4 neshod na milion příležitostí
➡ Filozofie/manažerská koncepce a koncepce měření	

1.1.1 Řešení problémů pomocí Six Sigma [4]

Mnohé zdroje pojednávají o Six Sigma jako o přístupu ke kvalitě, kde cílem je 3,4 vad na milion příležitostí nebo také jako komplexní filozofie pro řízení společnosti/podniku. Více praktická definice co je to Six Sigma si vystačí s významem, že základem Six Sigma je řešení problémů na základě dat.

Řešení problémů pomocí DMAIC [4]

Six Sigma nabízí strukturovaný přístup k řešení problémů. Tento přístup má 5 základních fází – Definování, Měření, Analýza, Zlepšování a Řízení. Z anglického překladu daných slov vychází zkratka DMAIC.

- Zaměření na problém – přístup DMAIC je orientovaný na hledání a eliminaci problémů a nikoliv na aplikaci předdefinovaného řešení.
- Důsledný přístup – DMAIC přístup vyžaduje důsledný přístup a disciplínu v každé jeho fázi. Aby byl zajištěn úspěch projektu, každá fáze musí být plně dokončena. Jen takto bude správně identifikována kořenová příčina problému a navrhnuto správné řešení.
- Jednoduchost – síla DMAIC spočívá v jednoduchosti a přehlednosti. Každá fáze má jasně daná specifika, nároky, akce a výstupy.

- Obecnost – přístup k řešení problémů DMAIC zahrnuje jasnou a logickou strukturu a je obecně aplikovatelná kdekoliv. v různém prostředí se mohou lišit jednotlivé nástroje použité ve fázích DMAIC, ale struktura DMAIC zůstává neměnná.

Řešení problémů na základě dat [4]

Statistické metody – Six Sigma využívá sílu statistiky v praktickém formátu – umožňuje lidem využívající tyto metody ohodnotit význam statistických výsledků, rizik a zahrnout jejich výsledky do rozhodovacího procesu.

Kvalita dat – ačkoliv se množství dat, na kterých se lze rozhodovat neustále zvyšuje, je jejich kvalita často nedostatečná. Six Sigma se zaměřuje na kvalitu získaných dat a zajišťuje, že data získaná z procesů jsou přesná a vypovídající.

Grafické zpracování dat – Při analyzování výkonnosti procesů, Six Sigma posiluje význam a důležitost základních grafických nástrojů jako je Paretův diagram, regulační diagramy apod.

Řízení na základě dat – Six Sigma nabízí přístup na základě dat v každé fázi řešení problémů.

1.1.2 Shrnutí

Six Sigma vznikl na základě klasického managementu kvality, ale prohloubil dosavadní znalosti o sofistikované využívání statistickým nástrojů a rozhodovaní na základě analýz a dat. Postupně se z něj vyvinula filozofie a kultura podniku, jako cesta směřující nejenom k nulovým defektům procesů, výrobků a služeb, ale také jako komplexní projektový management, který je užíván při hledání a řešení problémů (DMAIC) nebo vývoji nových produktů (DMADV). Pro firmy, které Six Sigma vzaly za své, není kvalita cílem, ale jejich standardem. [1]

Řada podniků fungujících dnes na základě štíhlé výroby, s cílem eliminovat plýtvání všeho druhu, tento koncept přijaly, zakomponovaly ho do stávajících systému řízení a daly za vznik kombinaci obou přístupů Lean Six Sigma – přístupu, který se snaží zvyšovat výkon a kvalitu svých procesů a produktů pomocí eliminace plýtvání. [5]

1.2 Řízení projektů pomocí DMAIC

Metodika k řízení projektů DMAIC nabízí logický myšlenkový tok k řešení problémů. Cílem v takto řízeném projektu je nalézt kořenové příčiny důsledků, které jsou vnímány jako problém a následně tyto příčiny úspěšně řídit či eliminovat. Fáze projektu vedeným pomocí DMAIC lze popsat následovně.

1.2.1 D – Define – Definování [1] [4]

Obrázek 1 – Proces v průběhu fáze Definování

Fáze definování začíná poté, kdy byl identifikován problém. Fáze definování pomáhá specificky určit důsledky a porozumět problému, který je způsobuje. Dále pomáhá definovat cíle, propojit je s požadavky zákazníka (firmy a projektu), určit proces, kterým se bude projekt zabývat, připravit management projektu a jeho plán. Define fáze je ukončena schválením takto sestaveného projektového plánu všech zúčastněných stran.

Nástroje a sktruktura fáze Definování

Ve fázi definování lze postupovat dle následujících bodů:

1. Definování případu – Snaží se odpovědět na otázky co je špatně a čeho chceme dosáhnout. Definuje problémy a cíle projektu pomocí SMART – Specifický, měřitelný, akceptovatelný, realistický a časově určený.
2. Porozumění zákazníkovi – Jak je definovaný problém spojen se zákazníkem a jeho potřebami? Pro nalezení odpovědi se využívají nástroje jako je VOC – Voice of Customer – Hlas zákazníka, Kano model, dům kvality a jiné.
3. Definování procesu – Určení, který proces je spojen s definovaným problémem a definice hranic projektu pomocí SIPOC.
4. Management projektu – Určení struktury projektu a jeho plánu spolu s analýzou zúčastněných stran.
5. Schválení projektu – Fáze definování končí po posouzení proveditelnosti a následném schválení startu definovaného projektu.

1.2.2 M – Measure – Měření [1] [4]

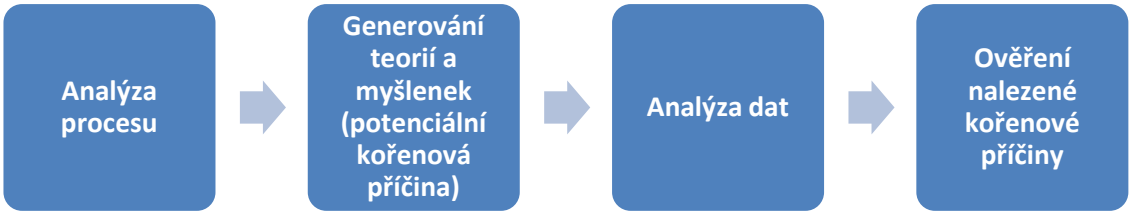
Obrázek 2 - Proces v průběhu fáze Definování

V rámci fáze měření se projekt zabývá získáváním dat z definovaného procesu a stanovením účinného systému měření pro celý průběh projektu i po něm. Právě díky spolehlivého zdroje dat je možné správně vyhodnotit současnou úroveň procesu, stejně tak v pozdějších fázích měřit dopad uskutečněných změn.

Postup v rámci fáze měření

1. Definování systému měření problému – jak se bude problém a jeho míra měřit jakým způsobem se budou sbírat data? Cílem je definování klíčových parametrů procesu a působ jejich měření.
2. Sběr dat – určení způsobu měření, sběru dat, frekvence měření. Následuje samotné získávání potřebných dat. Může se jednat jak o klasická statistická data, např. měření rozměru, tak i data spojená se štíhlou výrobou např. časy přidávající a nepřidávající hodnotu, takt operací apod.
3. Kontrola kvality dat – po získání potřebných dat, je nutná kontrola jejich kvality. Cílem je určit, jak kvalitní je měřící systém, ze kterého data pocházejí a do jaké míry se můžeme na data spolehnout. Využívá se metody MSA – analýza systému měření.
4. Porozumění chování procesu – po ověření kvality dat je možné data analyzovat z pohledu chování procesu. Cílem je zjistit stávající stabilitu/variabilitu procesu v průběhu času.
5. Stanovení současné úrovně procesu – cílem je zjistit současnou výkonnost procesu z pohledu zákazníka? Současná úroveň se po skončení projektu porovnává s budoucí a vyhodnocuje se tak efektivita provedených změn.

1.2.3 A – Analyse – Analyzování [1] [4]



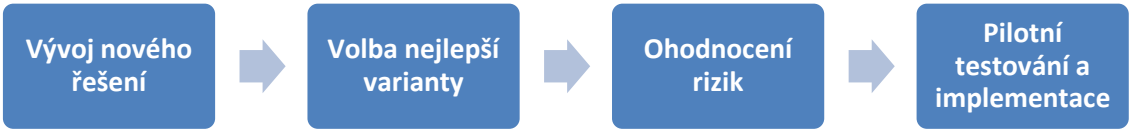
Obrázek 3 - Proces v průběhu fáze Analýzy

V rámci analyzování je nutné procesu detailně porozumět, a pomocí současných znalostí o procesu a naměřených dat z předchozí fáze následně určit kořenovou příčinu sledovaného problému. To se provádí pomocí identifikace kritických vstupů do procesu a následné verifikace kořenové příčiny.

Průběh fáze Analýzy

1. Analýza procesu – pro analýzu procesu a vstupů do něj se využívá nástrojů jako je procesní mapa, mapa toku hodnot VSM, špagetové diagramy, analýza zdrojů plýtvání a další.
2. Vznik teorií a myšlenek – na základě mapování procesu je možné začít hledat teorie a myšlenky vedoucí ke kořenové příčině problému, který je v projektu řešen. Pomocí nástrojů jako je brainstorming, myšlenková mapa, 5x proč, diagram rybí kosti či FMEA je možné identifikovat vstupy do procesu, které se kriticky podílejí na výsledku a lze je považovat za možnou kořenovou příčinu.
3. Analýza dat – teorie a myšlenky o kořenové příčině je nutné podpořit i výsledky z datových analýz. Pro samotné analýzy se využívá software jako je Microsoft Excel nebo Minitab. Cílem je analyzovat dostupná data a podpořit nebo vyvrátit domnělou kořenovou příčinu.
4. Ověření kořenové příčiny – je klíčovým prvkem ve fázi Analýzy. Projekt se totiž stále nachází v předinvestiční fázi a ověřením příčiny problému se projekt vyhne zbytečně vynaloženým nákladům v případě, že by se kořenovou příčinu nepodařilo určit správně. Pro ověření se používají nástroje jako je testování hypotéz, korelační a regresní analýzy nebo například DOE – plánovaný experiment.

1.2.4 I – Improve – Zlepšování [1] [4]



Obrázek 4 - Proces v průběhu fáze Zlepšování

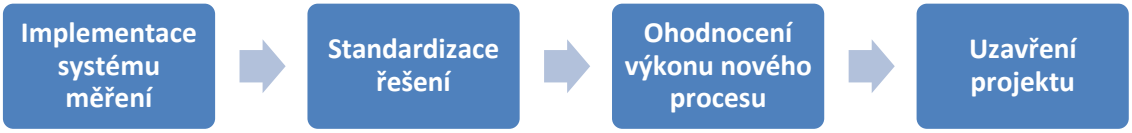
V průběhu fáze zlepšování je cílem vyvinout, zvolit a implementovat nejlepší řešení v návaznosti na příčiny problému a to vše s řízením rizik nového řešení. Výsledný efekt nové aplikovaných řešení se pak dále sleduje pomocí systému měření, vytvořeném ve fázi M – Měření.

Průběh fáze Zlepšování

Generování možných řešení – Pro nalezenou a verifikovanou kořenovou příčinu je nutné vytvořit správné řešení. Nástroje, jako je brainstorming, negativní brainstorming, metoda SCAMPER či klasická myšlenková mapa, pomáhají vytvářet možné návrhy pro nalezený problém.

1. Volba nejlepší varianty – jakmile jsou známy návrhy řešení, je nutné z nich vybrat nejlepší možnou variantu. Výběr se provádí na základě kvalitativních analýz například vícekriteriální rozhodování, párové porovnávání apod.
2. Ohodnocení rizik – zvolenou variantu je následně nutné ohodnotit z pohledu rizik. Rizika nově vzniklého procesu či produktu zle popsat pomocí nástrojů FMEA či diagramu rybí kosti. Hodnocení rizik je zásadní krok při následné implementaci vybraného řešení. Umožňuje nová rizika nalézt a následně řídit, čímž předchází možným problémům.
3. Pilotní testování – aplikací zvoleného řešení v podobě pilotního testování je fáze I – Zlepšování dokončena. Implementace může spoléhat na nové přístupy v oblasti nástrojů 5S a vizuálního managementu.

1.2.5 C – Control – Řízení [1] [4]



Obrázek 5 Proces v průběhu fáze Řízení

Poslední fáze DMAIC se zabývá vyhodnocením a řízením aplikovaného řešení. Snaha projektového týmu je ujistit se, že nově vzniklý proces byl úspěšně zakomponován mezi stávající procesy, že nové řešení nabízí úroveň výkonu dle očekávání a plánu a že se nová úroveň výkonnosti nebo vlastností stala standardem.

Průběh fáze Řízení

1. Měřící systém – pro kontrolu výkonnosti je nutné vytvořit systém měření, který tento úkol bude zajišťovat. Využívá se při tom stávající měřící systém, který byl vytvořen ve fázi M nebo se na základě FMEA předchozí fáze vytváří tzv. řídící plán obsahující všechny kriticky ohodnocené vstupy.
2. Standardizace – k zajištění funkčnosti a zafixování nové úrovně výkonosti procesu je nutné, aby se nový proces stal standardem – výchozí úrovní. Pro tento účel lze využit přístupy jako je standardizace práce, aplikovat vizuální řízení nebo řízení pomocí 5S. Pokud by se stalo, že nový proces bude produkovat výsledky na úrovni před zlepšením, je nutné to brát jako stav chyby požadující nápravu. Tímto je zaručena fixace nové úrovně a stává se tak výchozí pro další zlepšování.
3. Ohodnocení výsledku – aby bylo možné projekt úspěšně zakončit, je nutné zhodnotit výsledky projektu porovnáním se stanovenými cíli na počátku. Nová data jsou zpracována pomocí statistického řízení procesu SPC nebo dalšími metodami dle stanoveného měřícího systému.
4. Ukončení projektu – v případě, že byly všechny předchozí fáze správně ukončeny, je možné projekt uzavřít a považovat za dokončený. Poslední fáze může využít procesy sdílení znalostí či benchmarkingu a poskytnout tak nalezené řešení i pro podobné problémy, kterými se současný projekt nezabýval.

1.3 Lean six sigma nástroje

V diplomové práci jsou využity nejrůznější nástroje štíhlé výroby nebo Six Sigma. Hlavní nástroje použité v rámci řešeného projektu jsou zde detailně popsány a zhodnocen jejich účel a možnosti využití.

1.3.1 VSM [6][7]

VSM – Value stream mapping neboli mapování toku hodnot je jeden z nejpoužívanějších nástrojů štíhlé výroby. Její univerzalita a komplexnost poskytuje nejrůznější možnosti aplikace. Účelem mapování toku hodnot je zachytit stav procesu z pohledu toku materiálu i toku myšlenek a zhodnotit zda přidávají nebo nepřidávají hodnotu z pohledu zákazníka. Cílem je odhalit plýtvání v procesu z pohledu času, ať už je způsoben zásobami v procesu, čekáním, nekvalitou či jinými ze sedmi druhů plýtvání.

VSM dává možnost zobrazit proces v uceleném pohledu a zpřehlednit jednotlivé fáze a podprocesy. Výstupem mapování toku hodnot je hodnota PCE – poměr mezi časem, který proces využívá k přidávání hodnoty (dle zákazníka) a časem, který hodnotu nepřidává (plýtváním). PCE se pak vyjadřuje pomocí procentuálního poměru obou časů.

$$PCE\ (\%) = \frac{VA}{LT}$$

Rovnice 1 - Výpočet PCE indexu

Kde:

VA – čas přidávající hodnotu

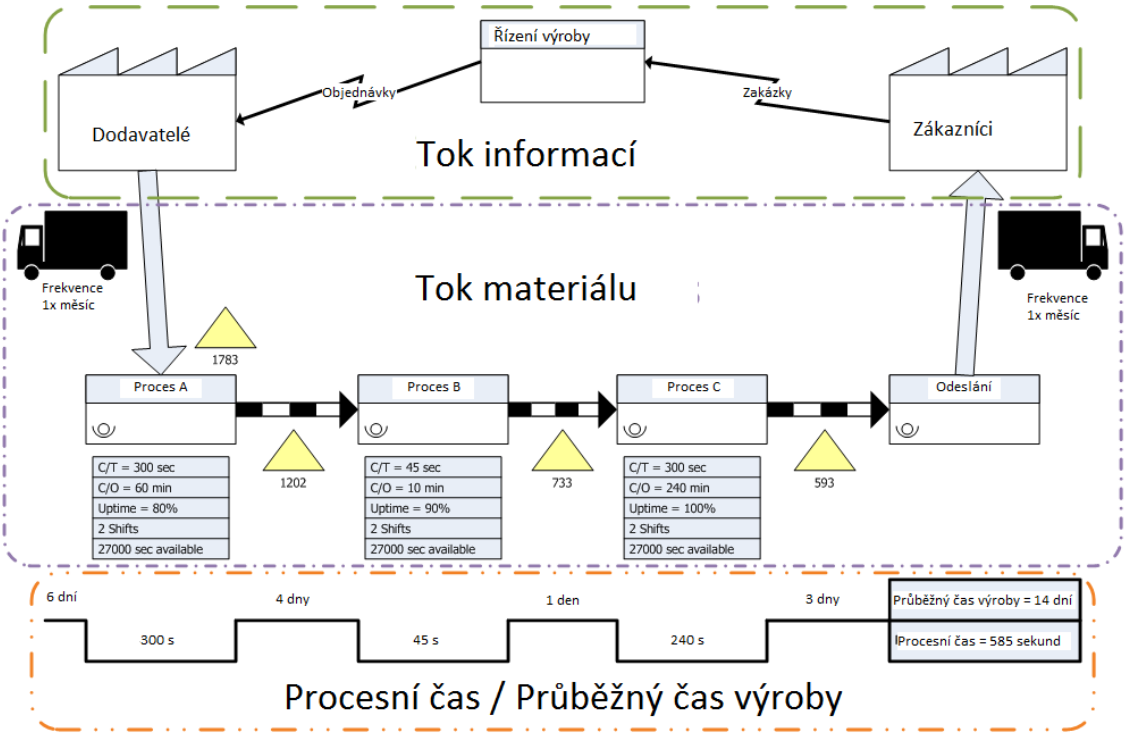
LT – průběžný čas výroby

Výstupem mapy toku hodnot je identifikace úzkého místa procesu ať z pohledu toku materiálu nebo toku myšlenek řídicího systému procesu. Využívá se nejčastěji v mapování výrobního procesu, ale pokud se dá mapovaná činnost definovat jako proces, lze VSM využít také.

V diplomové práci je VSM mapa využita ke zmapování celého procesu výroby společnosti Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o., a to z pohledu plánování a řízení výroby.

Příklad VSM [8]

Mapování toku hodnot se provádí v několika fázích. Mapa současného stavu vyžaduje detailní seznámení s procesem, v ideálním případě pomocí metody „Go and See“ – pozorování procesu v místě jeho konání. Mapa zachycuje důležité subjekty procesu, od dodavatelů vstupů, po zákazníky procesu a samotné procesní kroky. Ty se pak zobrazují v oblasti toku materiálu. Tok materiálu je zobrazen i s hodnotami samotných podprocesů jako je čas taktu, procesní časy pro kus/dávku, počty pracovníku, směnnost apod. Množství informaci a jejich druh zapsané do VSM se odvíjí od mapovaného procesu. Následně je zmapován tok informací, který proces řídí. Rozdělení časů na přidávající a nepřidávající hodnotu se zobrazuje ve spodní části mapy.



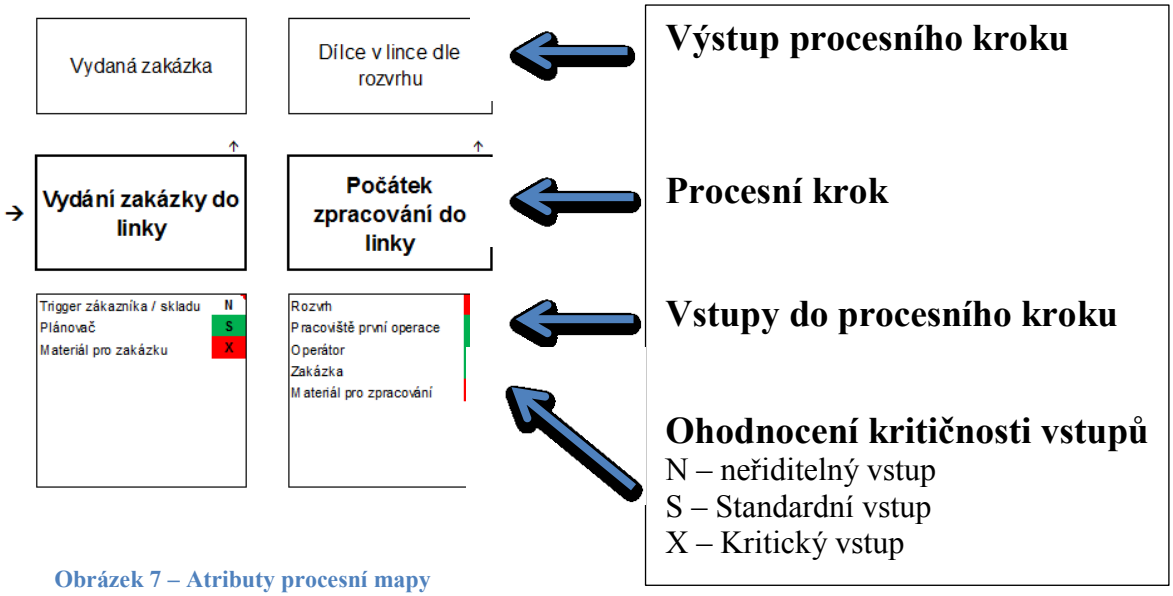
Obrázek 6 - Příklad VSM [8]

1.3.2 Procesní mapa [4]

Procesní mapa je příbuzným nástrojem VSM, ale využívá se k odlišným účelům. Zatímco VSM poskytuje ucelený pohled na proces a jeho výkonnost z pohledu štíhlé výroby a plýtvání, procesní mapa poskytuje detailní pohled na procesní kroky a zachycuje všechny vstupy, které do jednotlivých kroků vstupují. Samotné plýtvání lze pak do procesní mapy zahrnout například v podobě zobrazení opravných smyček. Oproti

vývojovým diagramům, které zobrazují stav, jak by měl proces pracovat, procesní mapa zachycuje stav, jak proces pracuje ve skutečnosti.

Hodnocení kritičnosti vstupů se neprovádí pomocí mapy samotné, ale využívají se k tomuto účelu nástroje jako je diagram rybí kosti v případě jednoduchých případů, ve složitějších se využívá nástroje FMEA.



Obrázek 7 – Atributy procesní mapy

1.3.3 FMEA

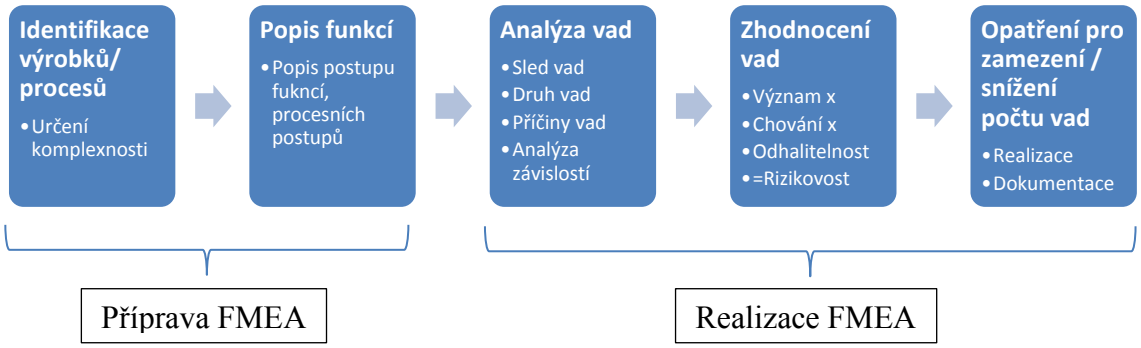
FMEA – Failure Mode and Effects Analysis neboli analýza možného výskytu a vlivu vad je komplexní nástroj pro vyhodnocení rizika spojeného s procesem, vývojem nového produktu či systému. [10]

FMEA vznikla počátkem 60. let 20. století v NASA a sloužila ke hledání možných rizik při vývoji kosmického programu. Následně se dostala i do privátní sféry, kde je úspěšně využívána a dále rozvíjena.[10]

Hodnocení rizik pomocí FMEA je založena na subjektivním hodnocení všech členů týmu. U procesních vstupů, kroků či jiných atributů spojené s procesem se hodnotí na škále 1-10 potenciální vada a její dopad při selhání, možnosti výskytu a odhalitelnost možného selhání. Hodnocení 1 znamená nepravděpodobnou situaci bez významného dopadu a jasně odhalitelnou. Naopak hodnocení 10 značí kritický proces se zásadním dopadem na celý hodnocený proces, s velkou pravděpodobností vzniku a s nemožností zachytit a odhalit toto selhání včas. Detailněji jsou vstupy informací a jejich struktura popsána dále. [9]

Postup / průběh realizace FMEA

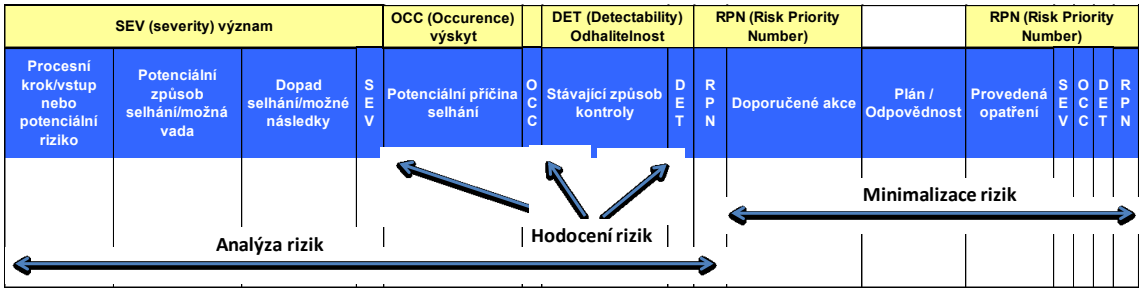
Postup realizace FMEA se rozděluje na dvě fáze – fáze přípravy a samotné realizace.



Obrázek 8 – fáze FMEA

Standardizovaný postup / formulář FMEA [9]

Standardizovaný postup strukturování dat pro FMEA se rozděluje na 3 segmenty. První segment se věnuje analýze rizik, pomocí týmové práce se určí potenciální selhání sledovaných vstupů, následně proběhne hodnocení rizika dle škály 1 až 10. Po výpočtu RPN – rizikovosti se kvantifikuje riziko a pokud překročí stanovenou hranici, je pro dané riziko vytvořena odpovídající akce vedoucí k minimalizaci či eliminaci rizika. Způsob zpracování FMEA popsán v tabulce Přílohy A.



Obrázek 9 – Formulář pro zpracování FMEA

$$RPN = SEV \times OCC \times DET$$

Rovnice 2 – Výpočet RPN

Kde:

RPN – koeficient rizika (1 až 10)

SEV – koeficient významu selhání (1 až 10)

OCC – pravděpodobnost selhání (1 až 10)

DET – koeficient odhalitelnosti selhání (1 až 10)

Více viz. příloha A

Řízení rizika FMEA [1]

Obecně se rozlišují 4 stupně zvládání rizika. Sestupně seřazeny dle priorit jsou přístupy k riziku následující:

1. Eliminace/zamezení – ideální stav, kdy je riziko zcela eliminováno.
2. Snížení – stav, kdy možnost rizika vady byla oproti minulému stavu snížena.
3. Přesunutí – přesunutí rizika na jiný proces, subjekt (např. riziko vady vstupního materiálu přesunuto na jeho dodavatele).
4. Akceptace – pokud nemohlo být riziko předchozími způsoby zmírněno, je nutné ho akceptovat a nastavit potřebné akce nebo vybrat jinou variantu řešení.

1.3.4 Řídící plán [4]

Řídící plán je důležitý dokument pro řízení procesu i po skončení projektu. Díky FMEA se vyhodnotily rizika a pomocí stanovených akcí jejich rizikovost snížila. Přesto pokud má být zajištěno fungování implementovaného řešení i po ukončení projektu, je nutné vypracovat řídící plán, který obsahuje veškeré nutné údaje a akce pro řízení vstupů nového procesu.

Struktura řídícího plánu [9]

Tabulka 2 - Struktura řídícího plánu [9]

Řízený objekt					Senzor		
Popis	Jednotka	Cíl	Dolní mez	Horní mez	Metoda	Instrument	Spolehlivost
Řízený objekt	kus, % apod.	cílová hodnota	Dolní mez	Horní mez	Způsob sběru dat	Nástroj pro sběr dat	Spolehlivost měřícího systému

Měření			Vyhodnocení			Akce	
Místo kde dochází k měření	Frekvence	Vzorek	Graf / report	Výsledek	Signál	Doporučená akce	Vlastník akce
Kde dochází k měření ?	Perioda sběru dat	% měřeného celku	Grafické / informační vyhodnocení	Popisovaný stav	Signalizace neshody	Akce pro nápravu stavu	Odpovědnost za akci

- Řízený objekt – popis kritického vstupu a požadované hodnoty, kde se vstup může pohybovat včetně cílové hodnoty
- Senzor – měřící systém, který zajišťuje sběr dat pro vyhodnocení stavu kritického vstupu

- Měření – specifikace toho co, kdy a jak často se budou data sbírat.
- Vyhodnocení – určení systému pro vyhodnocení získaných dat a požadovaný výsledek.
- Akce – v případě, že parametry kritického vstupu jsou mimo požadované tolerance je předdefinovaná akce včetně konkrétní odpovědnosti.

1.3.5 Kanban [6]

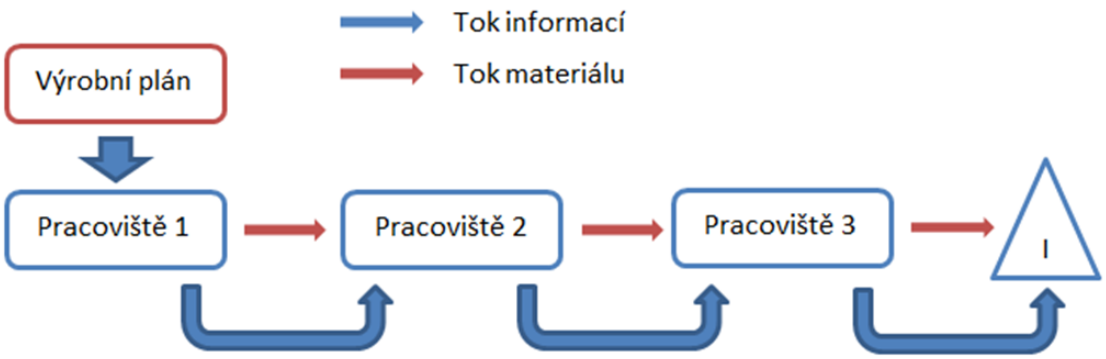
Jedním z výsledků projektu popsaný v diplomové práci je aplikace Kanban řízení zásob a produkce. Tato kapitola se věnuje popisu a vysvětlení principu řízení výroby pomocí systému Kanban.

Původ slova Kanban pochází z japonštiny a v překladu znamená štítek/kartu. Prvně se tento systém aplikoval v rámci přístupu JIT – Just in time ve společnosti Toyota. [11]

Systém Kanban slouží k řízení logistického toku výrobků ať už v produkci nebo samotném transportu. Oproti tradičnímu systému řízení MRP a jiným, které jsou založeny na systému tlaku, nabízí Kanban možnost řídit výrobu nebo dopravu na základě tahu. [6]

Systém tlaku

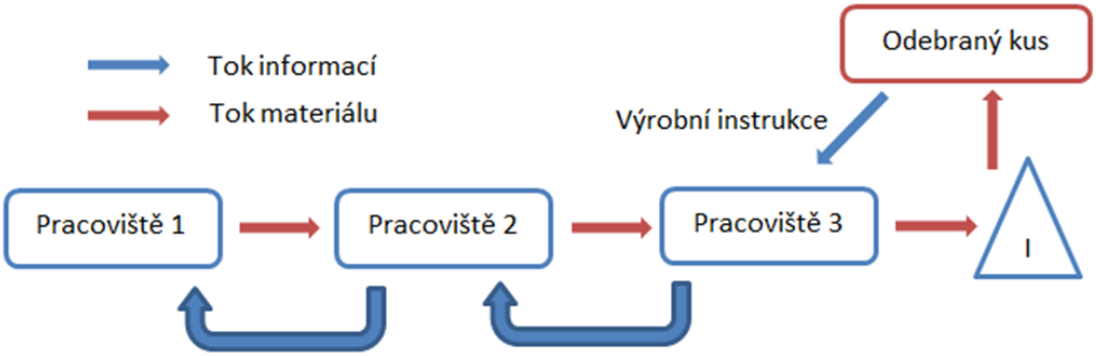
Pokud je výroba řízena systémem tlaku, je výroba spuštěna přesně naplánovanou akcí a řídí se plánovaným datem nezávisle na množství rozpracované výroby či hotových výrobků. Výsledkem tohoto systému / výroby dle plánu, může být nadměrná zásoba rozpracované výroby, výroba „na sklad“ respektive toho, co zákazník nemusí potřebovat a poměrně dlouhá průběžná doba výroby. [12]



Obrázek 10 –Systém tlaku

Systém tahu

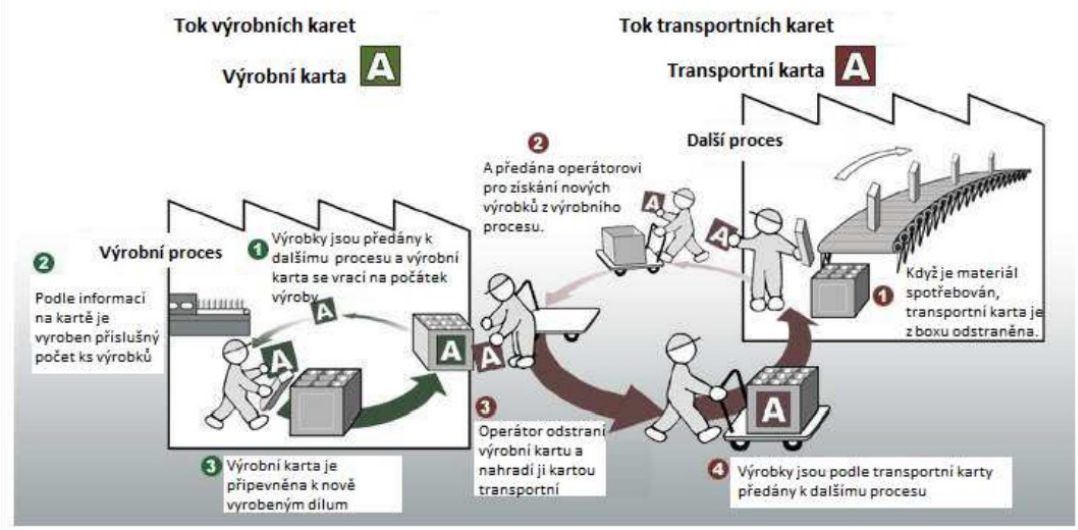
Systém tahu je založen na principu vyráběj, co si zákazník právě odebral. V systému Kanban je výrobní zakázka puštěna do výroby až ve chvíli, kdy zákazník kus potřebuje. Princip Kanban je založen na principu supermarketu – na konci výrobního řetězce je určité množství zásob, které pokrývá potřeby zákazníka po dobu výroby dalších kusů. Tento systém se také podobá systému řízení zásob ROP – re-order point, kdy je také výroba/doplnění skladu spuštěna na základě určitého stavu skladu, s tím rozdílem, že Kanban spouští výrobu při každém uvolnění jedné výrobní karty.



Obrázek 11 – Systém tahu

Rozlišují se dva základní systémy Kanban – jednokartový a dvoukartový. Jednokartový systém využívá pouze jeden typ karet, které slouží jak jako karty výrobní tak i transportní. U dvoukartového systému se typy karet rozlišují.

Pricip fungování dvoukartového systému



Obrázek 12 – Princip Kanban se dvěma kartami [14]

Principy řízení dle Kanban [12]

- Kanban karta je vždy spjatá s definovaným množstvím kusů.
- Při odebrání kusu zákazníkem/následující procesem se volná karta předává na počátek výroby dle instrukcí na kartě.
- Karta putuje s výrobkem po celou dobu jeho produkce až do uskladnění, kde kus čeká na svou spotřebu.
- Množství karet se určuje dle délky výrobního cyklu, průměrného požadavku zákazníka a variability obou parametrů.

Výpočty pro Kanban systém

O vhodnosti aplikace Kanban řízení rohoduje mnoho parametrů. Základním parametrem, který rozhoduje o tom, zdali je charakter výroby vhodný pro aplikaci Kanban nebo jiného systému je parametr CoV – koeficient variability. Kanban systém nejlépe funguje v provoze s co nejnižší variabilitou poptávky i výroby. [9]

Koeficient variability CoV se vypočítá:

$$CoV = \frac{\sigma_{LT}}{\overline{LT}}$$

Rovnice 3 - Výpočet koeficientu variability CoV [9]

Kde:

σ_{LT} - Směrodatná odchylka LT nebo poptávky za časovou jednotku

$\overline{LT}$ - Průměrná hodnota LT nebo poptávané množství za časovou jednotu

Pokud se použijí parametry LT (průběžný čas výroby), vypočítá se CoV vyjadřující variabilitu průběžné doby výroby. V případě použití hodnot poptávky za určité časové období (den, týden), pak hodnota CoV vyjadřuje variabilitu poptávky ze strany zákazníka.

Čím vyšší číslo vyjde, tím je variabilita sledovaného parametru větší. Výroba vhodná pro Kanban řízení by měla mít oba parametry nižší než 2. Záleží však na charakteru výroby. Pro sériovou a hromadnou výrobu je tato hodnota nižší a může se pohybovat maximálně do 0,5. Při vyšších hodnotách už Kanban systém řízení není vhodný vzhledem k nestabilitě a celkovému množství poptávky od zákazníka. V těchto případech se doporučuje využití klasického MRP plánování nebo výroby dle konkrétní zakázky. [9]

Výpočet počtu Kanban karet / pojistné zásoby

Aby Kanban systém mohl správně fungovat, je nutné určit přesné množství karet, které budou ve výrobě rotovat. Množství závisí na průměrné průběžné doby výroby a průměrného požadavku zákazníka za určité období. v případě absolutně stabilní výroby i poptávky by to byl konečný počet potřebných karet.

$$Počet\ standarních\ karet = \bar{D} \times \mathrm{LT}$$

Rovnice 4 - Výpočet množství standardních kanban karet [13]

Kde:

$\bar{D}$ – průměrná denní spotřeba

LT – průběžná doba výroby (dny)

Pokud poptávka zákazníka i výroba v sobě skrývá nestálost/variabilitu, je nutné celkový počet Kanban karet navýšit o pojistnou zásobu, která bude variabilitu vyrovnávat. Množství pojistné zásoby závisí na míře variability z obou stran jak zákazníka, tak výroby.

$$PZ = \sigma_{DR} \times Z$$

Rovnice 5 - Výpočet pojistné zásoby PZ [13]

Kde:

PZ – pojistná zásoby

σ_{DR} – Směrodatná odchylka spotřeby v průběhu cyklu realizace objednávky

Z – koeficient zajištění

Směrodatná odchylka spotřeby v průběhu cyklu realizace objednávky lze vypočítat na základě vztahu

$$\sigma_{DR} = \sqrt{\bar{R} \times (\sigma_D)^2 + \overline{D^2} \times (\sigma_R)^2}$$

Rovnice 6 - Výpočet směrodatné odchylky spotřeby v průběhu realizace objednávky [13]

Kde:

$\bar{R}$ – průměrná délka cyklu realizace objednávky

σ_D – směrodatná odchylka denní spotřeby

$\bar{D}$ – průměrná denní spotřeba

σ_D – směrodatná odchylka cyklu realizace objednávky

Celkový počet karet je pak dán součtem standardních karet + pojistné zásoby. Podmínkou pro výpočet pojistné zásoby dle výše uvedeného vzorce je možnost vyjádřit směrodatnou odchylku – data musí podléhat normálnímu rozdělení. [9]

2 ŘEŠENÁ PROBLEMATIKA V PRAXI

Následující kapitoly jsou rozděleny do několika celků. Prvně je představen podnik Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. (dále jen Honeywell Olomouc), její historie a současnost, portfolio výrobků včetně organizační struktury výroby. Dále je pro získání uceleného pohledu zpracována analýza současného stavu z pohledu řízení výroby a na základě analýzy jsou formulovány obecná doporučení pro její optimalizaci.

Hlavní část diplomové práce - optimalizace výroby konkrétního dílce pomocí Six Sigma nástrojů je zpracována formou projektu. Jednotlivé kapitoly jsou logicky uspořádané na základě projektového řízení Six Sigma dle DMAIC. Projekt obsahuje popis jeho vzniku, identifikaci problémů a cílů pomocí analýzy současného stavu řešené problematiky až po finální návrh řešení, počátek realizace a vyhodnocení dílčích výsledků projektu. Projekt byl zpracováván v rámci pracovní praxe na pozici Specialista štíhlé výroby / Lean expert v podniku Honeywell Olomouc.

2.1 Představení společnosti

Nadnárodní společnost Honeywell International Inc. je předním světovým výrobcem a leaderem v oblasti moderních technologií v různých oborech podnikání. v rámci svého portfolia výrobků a služeb nabízí firma Honeywell International Inc. svým zákazníkům po celém světě jedinečné produkty a ucelená řešení v oblasti letectví, řízení tepelné pohody budov, domů a průmyslových objektů, v automobilovém a chemickém průmyslu. Se svými výrobky se Honeywell International Inc. pravidelně umísťuje na předních místech v hodnocení obdivovaných firem světa, které každoročně pořádá časopis Fortune. V současné době zaměstnává v České republice ve svých pobočkách v Praze, Brně a Olomouci na 3 500 pracovníků. Na celém světě je to přibližně 125 000 zaměstnanců v 95 zemích.

2.1.1 Charakteristika a produkce společnosti

Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o., se sídlem v Hlubočkách – Mariánském Údolí, je strojírenská společnost, která je součástí divize Aerospace významné nadnárodní korporace Honeywell International, Inc. a je dodavatelem částí leteckých motorů a služeb. Zabývá se výrobou a opravou plechových a žárových dílů leteckých turbínových motorů z nerezavějících ocelí a speciálních slitin (hliníkových, niklových, kobaltových

a titanových), které jsou dodávány pro většinu motorů a energetických jednotek společnosti Honeywell. Komponenty společnosti tak lze nalézt v mnoha dopravních letadlech typu Boeing a Airbus, v helikoptérách, v obchodních letadlech typu Dassault Falcon, Cessna Citation a dalších letadlech. Společnost v současné době zaměstnává přibližně 1300 zaměstnanců. [9]

2.1.2 Historie [9]

První počátky vysoce náročné speciální letecké výroby v Mariánském Údolí byly položeny v roce 1951, a to jako kooperátora pro finálního výrobce podnik Motorlet Praha – Jinonice zavedením dodávek žárových a plechových částí proudových leteckých motorů. Rozhodnutí, aby tyto díly začala vyrábět Moravia, n.p., bylo učiněno díky tomu, že v tomto podniku měli dlouholeté zkušenosti s lisováním plechu a jeho zpracováním vůbec.

V 60. a 70. letech divize leteckých motorů markantně rozšířila výrobu. Vyráběny byly díly pro mnoho leteckých motorů používaných v tehdejší vojenské letecké technice.

V roce 1991 byla divizí leteckých motorů navázána spolupráce s americkou firmou Aerospace Company Garret Division (následně AlliedSignal, dnešní Honeywell Aerospace), která vyrábí letecké motory. Nutností bylo splnění přísných kritérií obvyklých ve Spojených státech, konkrétně to znamená přizpůsobit organizaci práce na základě příručky kvality, která musí odpovídat evropskému standardu ISO 9000 – 9004 a příslušným normám americkým.

Provoz letecké výroby se osamostatnil od mateřské společnosti Mora Moravia, a.s. 1. 1. 2000 a vznikla samostatná společnost Mora Aerospace, a.s. Majitelem společnosti Mora Aerospace, a.s. je od 5. 2. 2002 společnost korporace Honeywell International, Inc. Tato nadnárodní společnost sídlí v Morristownu ve státě New Jersey v USA. Založena byla inženýrem Markem Honeywellem v roce 1904.

2.1.3 Současnost

Portfolio výrobků

Společnost Honeywell Olomouc se v současné době zabývá výrobou a generálními opravami kompletního sortimentu nerotačních částí leteckých turbínových motorů a je největším dodavatelem těchto dílů v rámci divize Honeywell Aerospace. Současné portfolio se dá rozdělit na dvě hlavní kategorie.

První je výroba plechových dílců, které slouží jako usměrňovače a mixéry proudu vzduchu v motoru či výroba kompletních spalovacích komor turbínových motorů. Druhou hlavní kategorii dílců lze charakterizovat přesným obráběním tvářených a odlévaných polotovarů. V obou kategoriích hlavní technologie používané při výrobě lze uvézt lisování plechů, laserové řezání a vrtání, odporové a TIG svařování, chemické a elektrolytické pokovování, elektroabrazivní obrábění, tepelné zpracování od pájení, žíhání až po vytvrzování, plazmové nanášení žáruvzdorných keramických povlaků, ruční broušení a kalibraci až po nejrůznější druhy obrábění, frézování, vrtání, závitování a soustružení. [9]

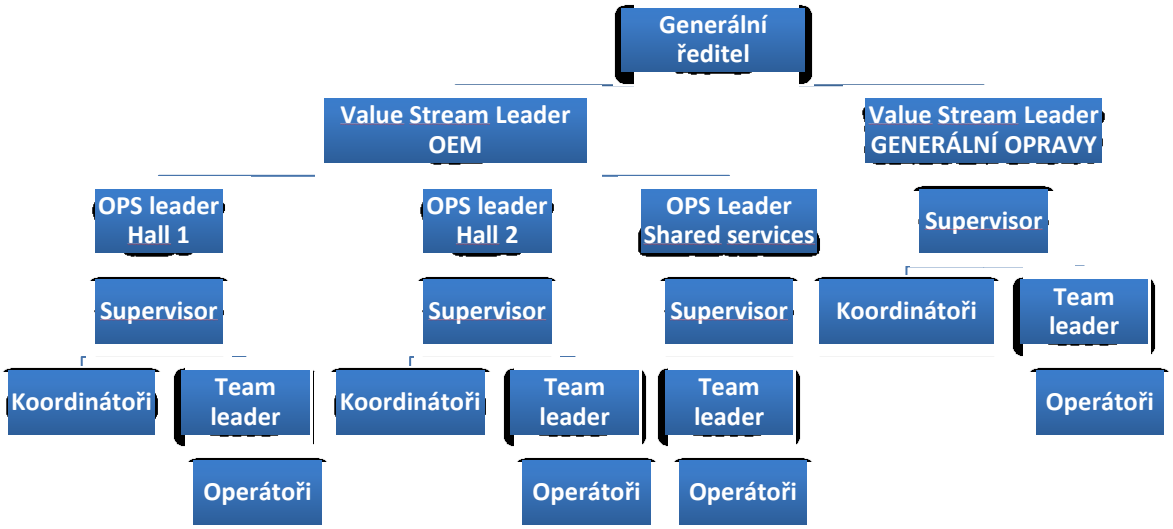
HOS - Honeywell Operating System

Honeywell Operating System neboli HOS je systém řízení společnosti Honeywell založen na kombinací principů štíhlé výroby a Six Sigma. Systém vychází z obdobných systémů používaných i v jiných společnostech jako je například Toyota a její TPS, nebo Motorola s Six Sigma. HOS je založen především na kaizen procesech neustálého zlepšování, bezpečnosti práce, Six Sigma kvality, rychlém řešení problémů – RPS (Rapid Problem Solving), standardizované práci, vizuálním řízení a sdílení znalostí.

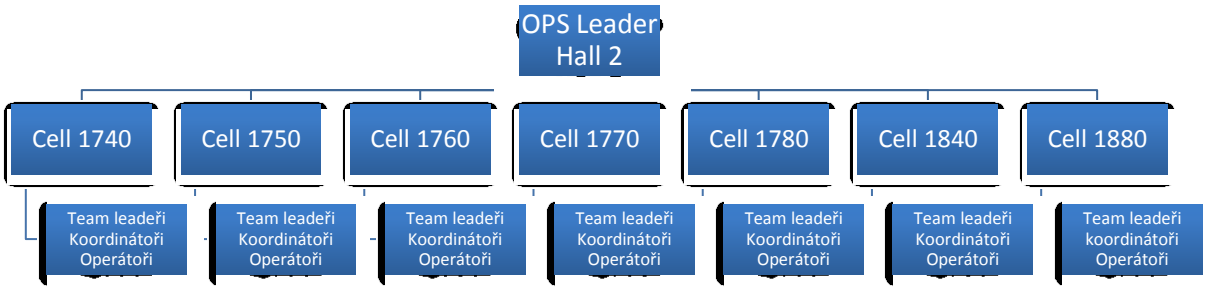
Organizační struktura

V následujících obrázcích je zobrazena organizační struktura výroby společnosti Honeywell Olomouc. Výrobní améby jsou rozděleny nejprve na část OEM zabývající se výrobou nových dílců a na Generální opravy, které zajišťují opravy použitých dílců. Výrobní struktura OEM se dále dělí dle výrobních hal na halu 1 a 2 a samostatnou strukturu má i úsek sdílených servisů (procesy sdílené mezi všemi amébami). Nejmenší výrobní jednotkou v rámci organizační struktury je výrobní améba.

Výrobní améba je vedena supervizorem pod kterého spadají team leadeři (obdoba mistra výroby) koordinátoři (zabezpečují tok dílců amébou) a operátoři améby. Dále chod améby zabezpečují technologové dílců, plánovači a kontroloři, kteří však spadají pod vedoucí jednotlivých funkčních oddělení.



Obrázek 13 – Organizační struktura výroby podniku Honeywell Olomouc



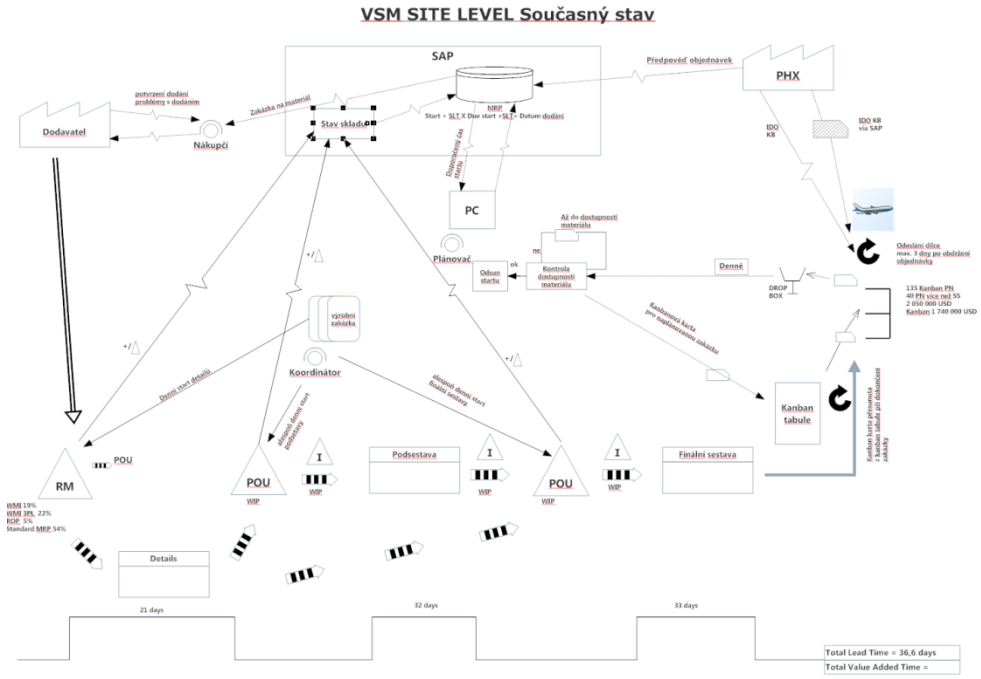
Obrázek 14 – Příklad oragnizační struktury výroby – hala 2

Výrobní améba

Každou výrobní amébu charakterizuje určité portfolio výrobků. Améby vznikly na základě fyzické podobnosti a podobnosti procesů (rodiny dílců) při výrobě konkrétních dílců. Améba je samostatná jednotka v rámci výroby, která zpravidla zabezpečuje většinu procesů výroby těchto dílců vyjma procesů sdílených servisů (plazmování, tepelné zpracování apod.) Ačkoliv jsou typy dílců v rámci jedné améby podobné, složitost zpracování, sled výrobních operací a jejich délka se mezi dílci může významně lišit. Tato rozdílnost spolu s variabilitou poptávaného množství mezi typy dílců a obtížným sdílením kapacit mezi amébami může mít za následek lokální (časově i místně) nedostatek výrobních kapacit – vznik úzkých míst.

2.2 Analýza systému řízení výroby

V této kapitole je popsána a analyzována výroba společnosti z pohledu řízení výroby. Pro tento účel byla použita mapa hodnotového toku VSM. Pomocí VSM na úrovni celé společnosti lze přehledně identifikovat procesy toku materiálu a informací, které zastřešují hlavní procesy řízení výroby.



Obrázek 15 – VSM mapa z pohledu řízení výroby (viz. příloha B)

Mapování včetně sbírání potřebných dat probíhalo v rámci týmové spolupráce několika funkčních oddělení jako oddělení nákupu, plánování, zástupce výrobních améb jako byl supervizor a koordinátor výrobního procesu améby. Při sběru informací si tým prošel klíčové procesy i na výrobní hale a dotazoval se zaměstnanců odpovědných za jejich chod např. sklad vstupního materiálu, vstupní kontroly, sklad hotových výrobků, za které je odpovědný externí subjekt DHL, proces výdeje materiálu do výroby apod. Vypracovaná mapa v detailní podobě je v příloze B a význam použitých symbolů a značek je uveden v příloze H.

2.2.1 Vyhodnocení analýzy toku hodnot

Cílem při tvorbě mapy toku hodnot bylo znázornit hlavně tok informací z pohledu řízení výroby mezi hlavním zákazníkem, plánovačem výroby, systémem SAP, oddělením nákupu a prodeje, samotnou výrobou a dodavateli materiálu. Mapa popisuje procesy, které jsou odpovědné za vydávání zakázek do výroby a jejich následný tok výrobním procesem.

Z analýzy toku informací a hodnot bylo zjištěna složitost procesu plánování, která je závislá na dodaných informacích prostřednictvím systému SAP. Jako největší problém byl identifikován nesoulad mezi řízením výroby finálních sestav (konečný produkt odesílaný zákazníkovi) a plánováním výroby detailů a podsestav, které představují vstupy do finálních sestav.

Hlavní vstup informací pro řízení výroby detailů a podsestav pochází z předpovědi poptávky/objednávek, která se stanovuje na 13 týdnu dopředu a výroba podskupin je řízená MRP systémem v SAPu. Kdežto výroba finálních sestav je spouštěna na základě pull systému Kanban a je přímo závislá na momentálním požadavku zákazníka. Problém přichází v situaci, pokud je poptávka zákazníka po finálních sestavách nestabilní, Kanban poptávka se buď neuskuteční, nebo naopak výrazně převyšuje očekávané množství a neodpovídá tak předpovědi poptávky, která řídí výrobu podsestav a detailů. Tímto se neúměrně zvyšují zásoby rozpracované výroby, výrobní kapacity jsou využívány na dílce, které nejsou v daný čas potřeba, nebo naopak nastává situace, kdy není výroba schopná dodat požadované podsestavy při náhlém zvýšení Kanban poptávky.

Kanban systém by měl být schopen podobné výkyvy poptávky vyrovnat pomocí pojistné zásoby, ale zde byl nalezen další z problému, který dále znesnadňuje cíl o stabilní výrobní tok. Pojistná zásoba se dle globálních směrnic pro plánování vypočítává z variability poptávky pomocí systému SSC, ale tento systém vypočítává variabilitu z předpovědi poptávky a nikoliv z její historie. Jak už bylo řečeno výše, předpověď poptávky a její variabilita nemusí korespondovat s reálnou a výsledek této skutečnosti se pak odráží v menší pojistné zásobě, než je potřeba pro vykrytí reálných výkyvů.

Poslední pozorování, které výrazně ovlivňuje řízení výrobního systému, se týká množství Kanban karet, které kolují v systému. Pro výpočet množství karet pro každou finální sestavu se používá hodnota průběžné doby výroby, zapsaný v systému SAP. Jeho hodnota se opět s realitou často rozchází (viz. kapitola Fáze Analýzy v řešeném projektu) a tím v systému koluje nesprávné množství (vyšší čí nižší) Kanban karet.

2.2.2 Doporučení

Identifikovanými problému se zabývá projekt, který řeší sjednocení řízení výroby podsestav a detailů (MRP) s řízením finálních sestav pod systém Kanban. Toto řešení je již ve zkušebním běhu pro vytipované dílce a ostrý provoz pro ostatní dílce čeká na vyřešení

obtíží, které se objevily při testovacím provozu. V běhu je také částečné úprava hodnot LT v systému SAP dle skutečného LT. Výsledky těchto projektů by měly oproti stávajícímu stavu výrazně zjednodušit řízení výroby a zajistit stabilnější dodávky pro zákazníka. Avšak pro lepší vyrovnávání výkyvů poptávky doporučuji také revizi směrnice/aplikaci SSC v rámci Kanban systému - změna výpočtu pojistné zásoby tak, aby byl brán na zřetel rozdíl mezi plánovanou a skutečnou variabilitou poptávky - pomocí vzorců pro výpočet Kanban karet popsaných v kapitole 1.3.5 spolu s využitím variability poptávky vypočtenou dle historie nikoliv plánované budoucnosti.

2.3 Optimalizace výroby konkrétního dílce na amébě 1940

Optimalizace výroby konkrétního dílce je hlavní součást diplomové práce. Veškerá problematika byla řešena formou projektu, který byl řízen na základě projektového řízení Six Sigma dle metodiky DMAIC.

2.3.1 Vznik projektu

Projekt řešený v této diplomové práci byl zadán ve spolupráci s OPS manažerem výrobní haly 2, kde spadá i améba 1940. Cílem projektu bylo vytvoření návrhu virtuální linky a případná realizace řešení pro zvýšení OTTR (metrika včasnosti dodávek zákazníkovi) a zkrácení průběžné doby – LT výroby dílce/dílců dané améby.

2.3.2 Řešitelský tým

Pro účely projektu byl sestaven řešitelský tým, jehož jsem byl součástí a figuroval jsem zde jako mentor z pohledu štíhlé výroby. Hlavní řešitelský tým se dále skládal ze supervizora (vedoucí projektu) a team leadera améby 1940, plánovače, koordinátora výroby a lean experta zodpovědného za halu 2. V průběhu projektu byly dočasně využity i kapacity ostatních funkčních oddělení jako oddělení technologie, TPV nebo oddělení přímého nákupu. Projekt návrhu řešení probíhal od října 2014 do prosince téhož roku a byl veden formou pravidelných schůzek týmu 1-2x týdně.

2.3.3 Mentor projektu a jeho role

Řízení projektů v rámci HAO vychází z principů systému HOS a je založeno na filozofii projektového managementu Six Sigma a štíhlé výroby. Fungování projektů v praxi je podporované ze strany oddělení štíhlé výroby a jejich členů a to formou odborného mentoringu. Mentor má za úkol zajistit formu fungování projektu na základě DMAIC, správné využití nástrojů Six Sigma, přinést do projektu svůj pohled a pomáhat tak týmu k nalezení správného řešení problémů, kterými se projekt zabývá.

V následujících kapitolách budou popsány jednotlivé projektové fáze na základě DMAIC.

2.4 Fáze Definování

Ve fázi Definování byly definovány základní problémy, které má projekt řešit, požadavky zákazníka projektu byly přetvořeny do cílů projektu v souladu s celofiremními cíli a byly stanoveny další klíčové charakteristiky projektu, jako jeho hranice, členové týmu, forma participace, časový harmonogram schůzek apod.

Jako problémy pro řešení byly identifikovány tyto:

- Nízké % OTTR finálních sestav
- Dlouhá LT finálních dílců – dlouhá odpověď na potřeby zákazníka

Tyto definované problémy byly dále ověřeny pomocí potřebných analýz ve fázi Měření a Analyzování.

2.4.1 Firemní cíle

Pro stanovení cílů projektu bylo nutná jejich návaznost na celofiremní cíle. Mezi základní firemní cíle patří dodržování stanovených úrovní v oblasti:

- Bezpečnost – celková bezpečnost na pracovištích, minimalizace rizik při práci, případných úrazů a jejich závažnosti.
- Kvalita – náklady na nekvalitu, počet reklamací.
- Dodávky – včasnost dodávek (% OTTR).
- Produktivita – snižování časových a finančních nároků na výrobu dílců a provoz podniku pomocí procesu neustálého zlepšování.
- Zásoby – redukce zásob vstupního materiálu, rozpracované a dokončené výroby.

2.4.2 Cíle projektu

Pro dosažení požadavků zákazníka projektu byly stanoveny následující cíle:

1. Výběr konkrétního dílce, který má největší dopad na výkonnostní charakteristiky / metriky améby 1940.
2. Tvorba konceptu virtuální linky, která zajistí snížení reálné průběžné doby výroby dílce alespoň na úroveň stanovené v systému SAP a zvýšení OTTR dílce na celofiremní úroveň s možností aplikace řešení na jiné améby

3. Aplikace konceptu v praxi a jeho ověření.
4. Realizace konceptu do konce roku 2014

2.4.3 Definice hranic projektu

Pro definování hranic projektu, jakožto prostoru, kterým se projekt bude zabývat, aby dosáhl svých cílů, byl použit nástroj SIPOC. Pomocí nástroje SIPOC byl definován proces, vstupy a výstupy procesu a požadavky na ně a zákazníci a dodavatelé těchto vstupů a výstupů.

Proces: Výroba dílce				Process Owner: Améba 1940		
Dodavatelé	Vstupy	Proces		Výstupy	Zákazníci	
Dodavatelé zdrojů	*Zdroje pro proces*	*Základní popis procesu*		*Výstupy procesu*	*Zákazníci výstupů z procesu*	
		Požadavky			Požadavky	
Mezisklad, dodavatelé	Materiál, podsestavy	včas	Vydání zakázky	Expedovaný dílec	100% kvalita	Honeywell Aerospace Olomouc
		dostatečné množsví			v požadovaném čase	Zákazník HAO
		100% kvalita			bez vícenákladů	
Honeywell Aerospace Olomouc	výrobní kapacity HAO / kooperace	dostupné v čase kdy jsou vyžadovány		Metriky procesu	cílová hodnota nebo vyšší	améba
Kooperanti						Honeywell Aerospace Olomouc
Zákazník, oddělení plánování, SAP	Výrobní zakázka	v očekávaném čase	Výroba dílce	Výrobní dokumentace	splňující normy	zákazník
		v očekávaném množství			dle zákaníka	
Technolog dílce	Výrobní postup	předcházející chybám výroby				
		platná dle norem				
Konsignační sklady - dodavatelé	nástroje	dostupnost				
		správnost				
Koordinátor améby	Systém řízení toku	tok dle výrobního postupu				
		řízení výrobních kapacit dle požadavků na ně	Expedice			

Obrázek 16 – Analýza SIPOC

Jako hlavní prostor, ve kterém se projekt snažil dosáhnout svých cílů, byl stanoven samotný proces výroby a jejího řízení. Proces je ohraničen vydáním zakázky a finální expedicí k zákazníkovi. To například znamená, že se projekt nebude zabývat rychlostí a způsobem expedice hotového dílce apod.

2.5 Fáze Měření

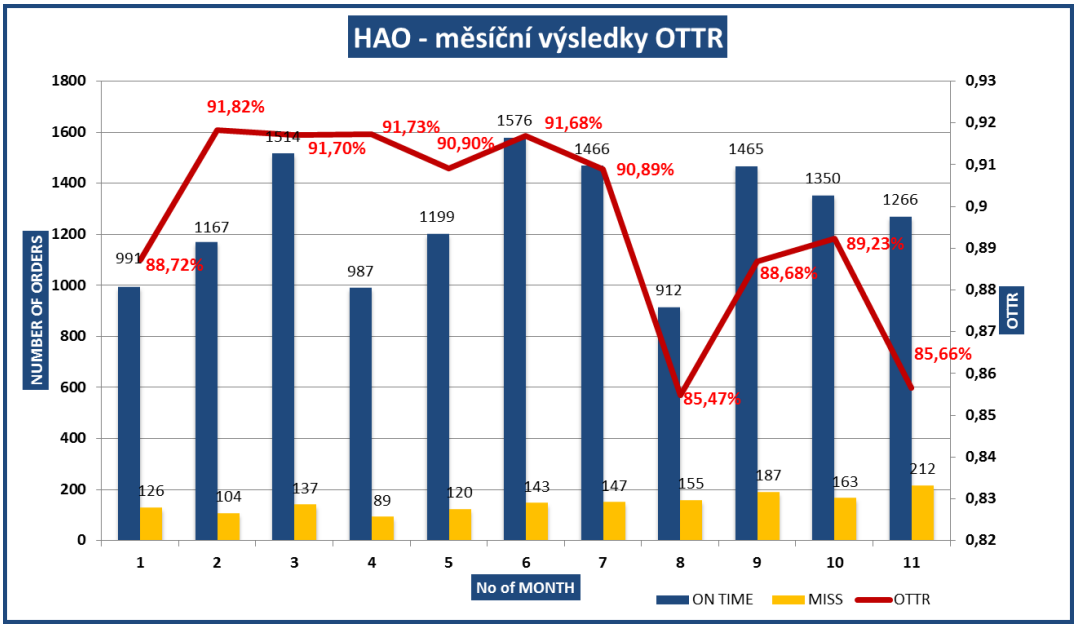
Ve fázi Měření byly stanoveny potřeby pro data nutné ke kvalifikovaným rozhodnutím a jejich zdroje. Byl také stanoven systém sběru dat/měření a jejich vyhodnocování. Jako hlavní zdroj dat posloužil systém SAP a jeho reporty pomocí transakcí COOIS a CA03 (transakce pro report průběhů výroby zakázek a výrobních postupů konkrétních dílců). Dále byly využity databáze pravidelně zpracovávaných výkonnostních ukazatelů společnosti uložených na firemním intranetu. Pro zpracovávání dat byly využity nástroje jako Microsoft Excel a případně Minitab verze 16.

Dále byl do fáze Měření zahrnut i výběr dílce, se kterým se dále pracovalo v následujících fázích projektu. Výběr byl založen na kvalifikovaném rozhodnutí na základě dat. Data byly sesbírány a zpracovány do srozumitelné podoby pomocí grafů a tabulek. Celkové fáze Měření sloužila k pochopení stavu procesů ve firmě a amébě, kterými se projekt zabýval a pomohl orientačně stanovit hodnoty pro další cíle projektu.

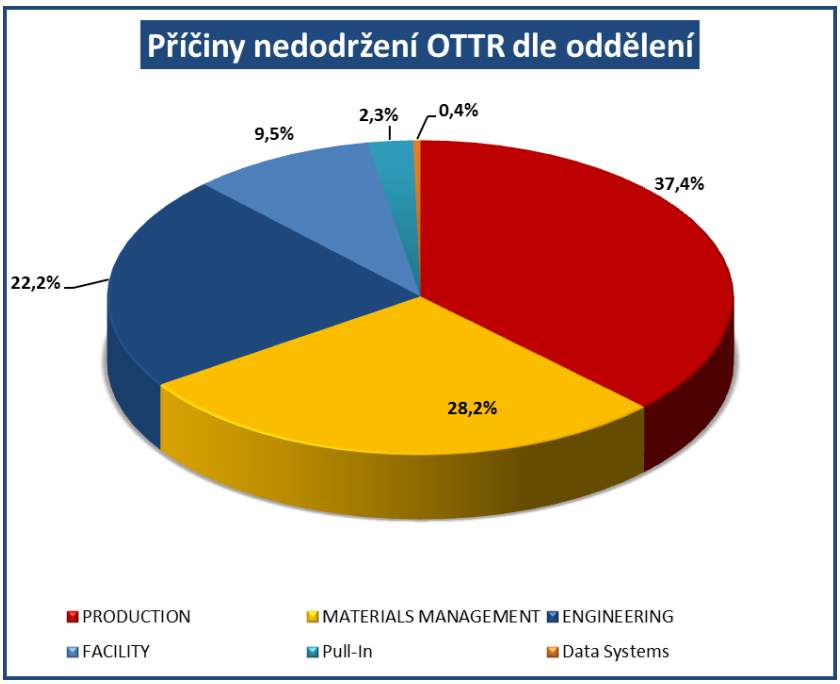
2.5.1 OTTR – On Time To Request

Jako jeden z nejdůležitějších ukazatelů procesu výroby z pohledu zákazníka je včasnost dodávek. Zkratka OTTR se dá volně přeložit jako plnění požadavků zákazníka ve stanovený čas. Metrika OTTR se vyjadřuje procentem zakázek splněných v termínu (hit) proti počtu zakázek dodaných po termínu (miss). Jako termín dokončení zakázek je určen datum dokončení v systému SAP, který vychází z hodnoty systémového LT každého dílce. Cíle pro OTTR se v roce 2014 pohybovaly v průběhu roku od 89% na začátku až po 95% na konci roku (růst cílové hodnoty OTTR z 89% na 95% by postupně rozložen do celého průběhu roku). OTTR se dá jednoduše vyčíslit jako procentuální podíl zakázek dodaný včas proti zakázkám se zpožděním.

2.5.2 Firemní výsledky OTTR za rok 2014



Graf 1 - Analýza OTTR HAO za rok 2014 [9]



Graf 2 - Rozložení OTTR dle příčiny [9]

První graf znázorňuje vývoj OTTR v průběhu roku 2014. Za výsledky nesou odpovědnost různá oddělení, což ukazuje koláčový graf příčin nedodržení termínů dodání. Mezi tři hlavní důvody patří:

Engineering – oddělení technologie svými kapacitami prodlužuje dobu výroby, tím pádem i dobu dodání např. dlouhým řešením vzniklých neshod, nedostatky v technologických postupech apod. Při vzniku neshody je výroba dílce pozastavena a čeká se na vyjádření technologa dílce, který stanovuje řešení vzniklé neshody. Technolog dílce je také odpovědný za výrobní postup dílce. Pokud je primární příčina neshody identifikována v nekvalitě výrobního postupu a daná neshoda zpozdí dodání zakázky, je příčina „missu“ připočtena na vrub technologie.

Material management – oddělení nákupu, které má na starost dostupnost vstupního materiálu do výroby, které mají v případě nedostupnosti za následek přeplánovávání výrobních zakázek na pozdější termín

Production – výrobní améby a jejich kapacity, dlouhé čekací časy kritických pracovišť, produkce neshod apod., které vedou k nedodržení stanoveného LT

2.5.3 OTTR améby 1940 za rok 2014

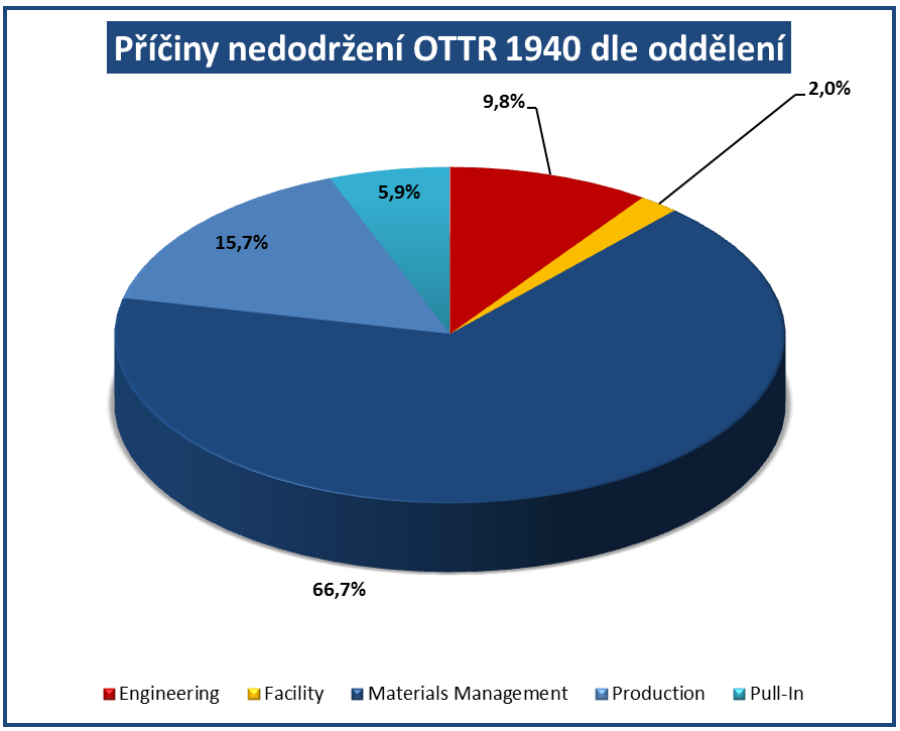
Pro porovnání s celofiremními výsledky a nalezení příčin problémů OTTR u améby 1940 byly sesbírány následující údaje:

Tabulka 3 – OTTR améby 1940 za rok 2014

	OTTR / 1940 / 2014											
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Včas	17	19	34	26	35	36	40	19	37	26	49	51
Miss	4	2	6	6	3	5	4	7	3	2	6	1
%	81,0%	90,5%	85,0%	81,3%	92,1%	87,8%	90,9%	73,1%	92,5%	92,9%	89,1%	98,1%
Cíl	89%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%

Tabulky ukazuje vývoj včasnosti dodávek améby 1940 v průběhu roku 2014. Améba jako celek si stojí v porovnání se zbytkem firmy lehce pod průměrem, kdy dosahovala cíle pouze v druhém, pátém a posledním měsíci v roce. Za zmínku stojí celkové množství dokončovaných zakázek, které odpovídá velikosti améby a jejímu výrobnímu programu kusové výroby drahých finálních dílců. Proto i pár zpožděných zakázek může mít velký dopad na výsledky OTTR améby.

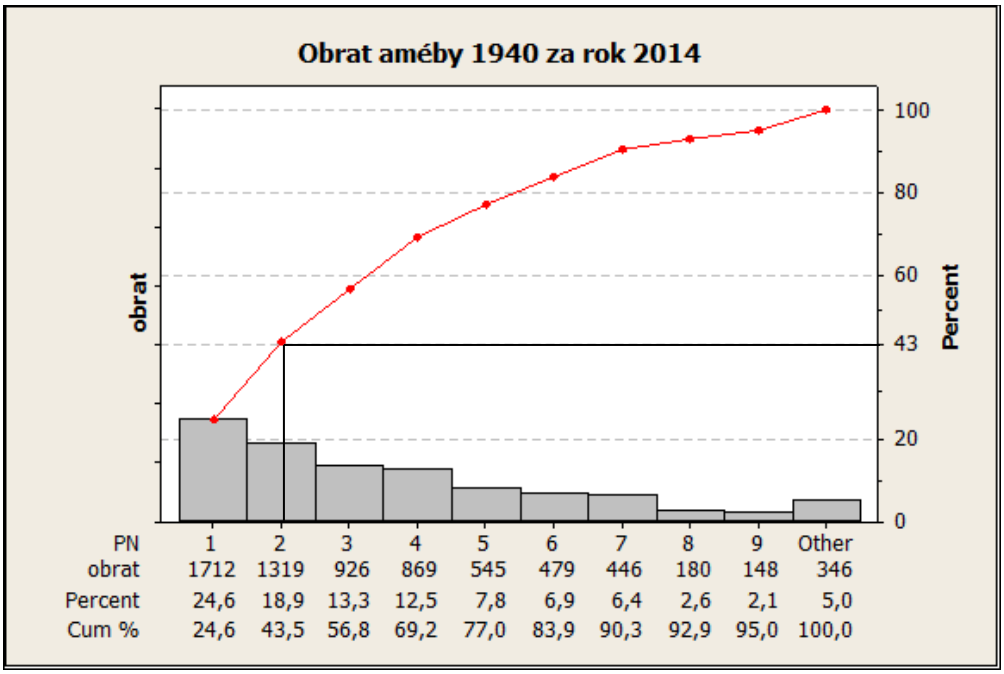
V koláčovém grafu jsou zobrazeny příčiny nedodržení termínu dodání. Při porovnání se zbytkem firmy jsou příčiny rozdílné a největší dopad na výsledky OTTR spočívá v oddělení nákupu díky nedostatku vstupního materiálu, respektive jeho pozdním dodávkám. Důvod tohoto rozdílu tkví v odlišném charakteru výroby. Améba 1940 se zaměřuje zejména na výrobu dílců z odlitků speciálních slitin a dodavatelé těchto odlitků ovlivňují OTTR díky pozdním dodávkám, dlouhým LT dodávek a nekvalitou dodaných odlitků.



Graf 3 - Příčiny nedodržení OTTR améby 1940 za rok 2014 [9]

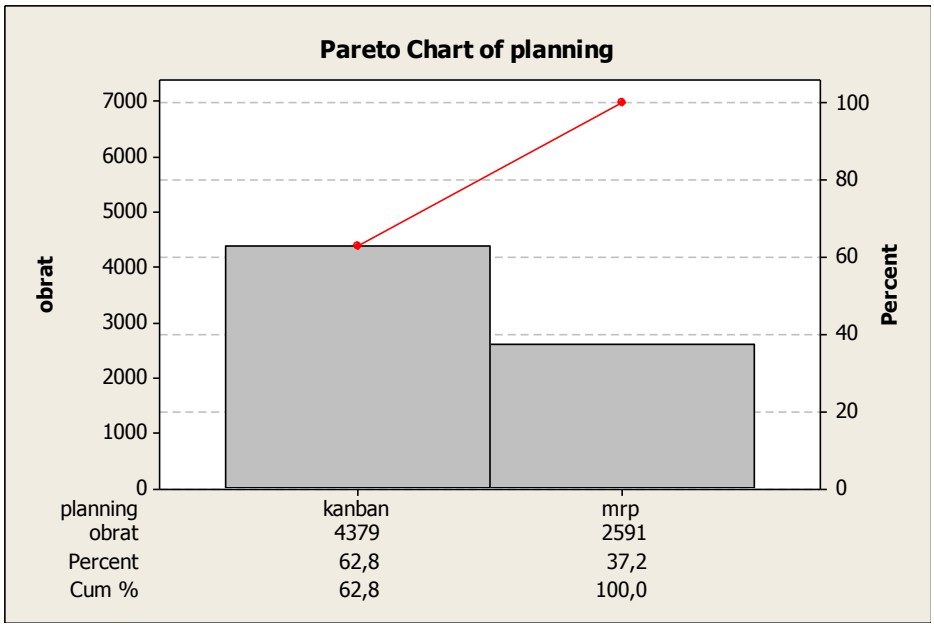
2.5.4 Obrat améby 1940

Pro identifikaci dílců s největším dopadem na metriky améby a s největším potenciálem pro zlepšení stavu byly vytvořeny statistiky obratu améby. Znázorňují vztah množství dílců, se závislosti na ceny finálních sestav, které améba produkuje. Ceny i číselné označení jsou pouze ilustrativní s ohledem na obchodní tajemství firmy.



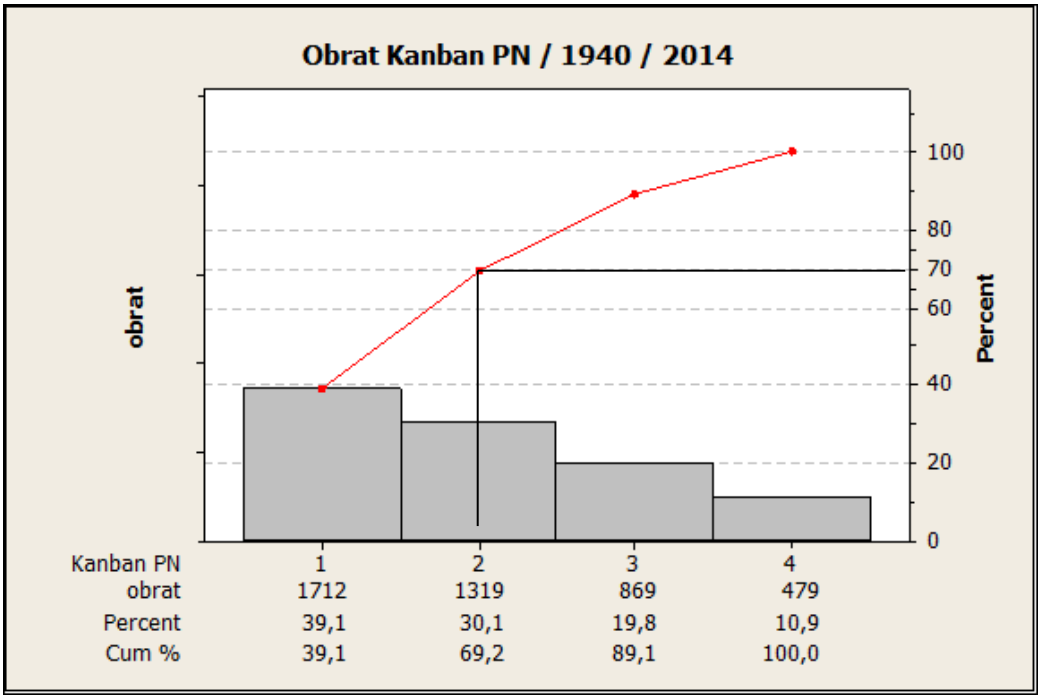
Graf 4 - Pareto analýza obratu améby 1940 za rok 2014

Téměř veškerý obrat améby v rámci finálních sestav tvoří celkově pouze 9 dílců. Rozdělení obratu dle typu plánování finálních sestav znázorňuje následující diagram:



Graf 5 – Rozdělení dílců améby 1940 dle druhu plánování výroby

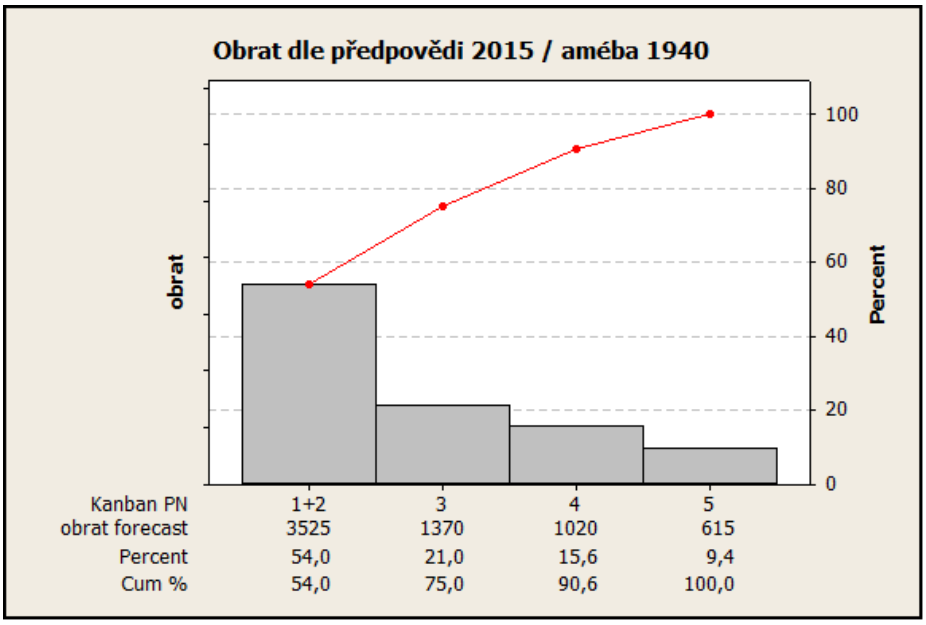
Téměř 2/3 celkového obratu améby tvoří finální sestavy řízené pomocí Kanban. To souvisí i s důležitostí dílců pro zákazníka, který většinu kritických dílců, pokud to bylo možné, převedl na Kanban systém pro zajištění spolehlivosti dodávek spolu se snížením množství rozpracované výroby. Pokud se podíváme blíže na samotné Kanban dílce:



Graf 6 – Obrat dílců améby 1940 řízené Kanban systémem

Je zřetelné, že dílce č. 1 a 2 tvoří cca 70% výsledků améby v rámci „Kanbanových“ dílců. Dílce 1 a 2 tvoří dvojice dílců s téměř totožným výrobním postupem a cenou a liší se v zásadě jen číselným označením, proto je lze vnímat jako jeden celek. Z pohledu améby tvoří tyto dílce téměř polovinu obratu celé améby viz. strana 41.

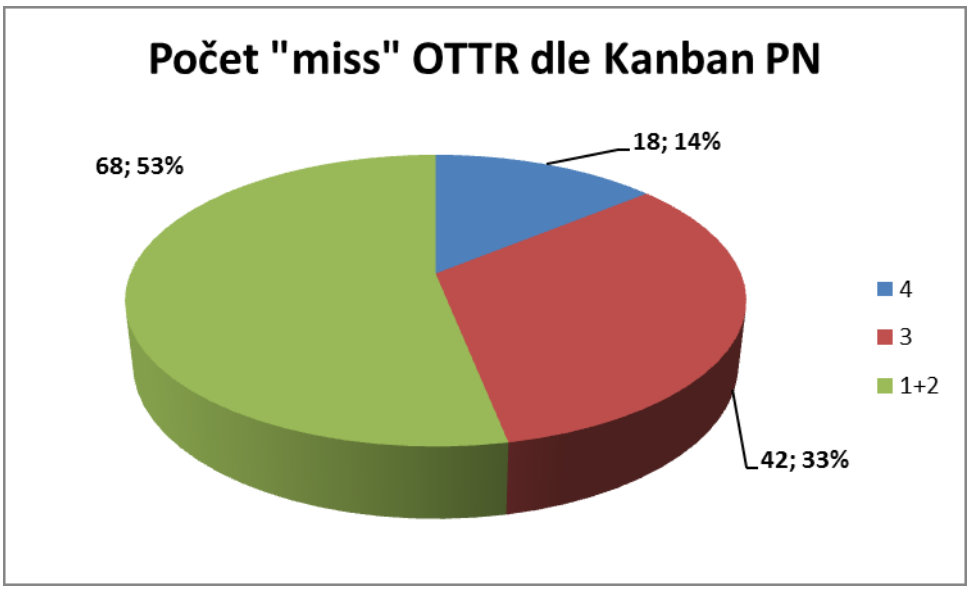
I s pohledem do budoucnosti pomocí výhledu poptávky budou dílce č. 1 a 2 tvořit hlavní podíl na celkové poptávce po Kanban dílcích, což dokazuje následující graf.



Graf 7 – Předpověď obratu dílců řízené Kanban systémem pro rok 2015

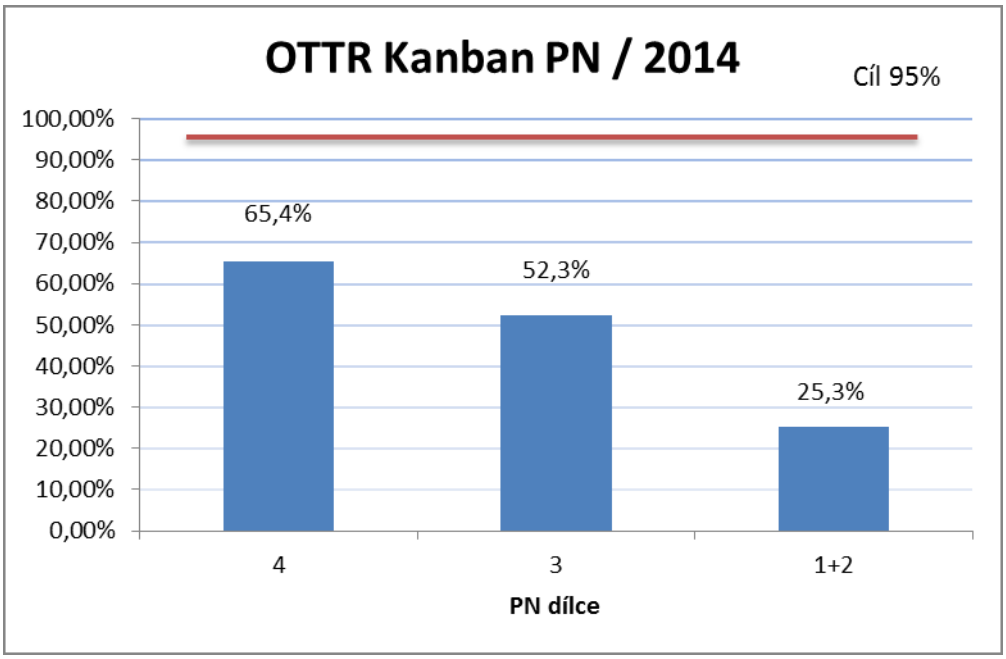
2.5.5 Kanban dílce – OTTR – dodržování LT cíle

Z této podkapitoly vyplynul směr pro výběr dílce, kterým se bude projekt dále zabývat. Pro výběr dílce je nutné také zhodnotit jejich podíl na metrice OTTR. Na základě tohoto zhodnocení byl vybrán dílec s největším potenciálem pro zlepšení. Následující graf porovnává „Kanbanové“ dílce vzhledem k jejich vlivu na OTTR. Porovnává absolutní množství „missů“ dílců na celkovém. Největší negativní vliv na OTTR, respektive dílce, které mají i největší potenciál jsou dílce č. 1 a 2.



Graf 8 – Rozložení „missů“ dle Kanban řízených dílců

Následující graf porovnává stejné dílce dle jejich výkonu OTTR v procentech včetně zobrazeného cíle 95%.



Graf 9 - OTTR dle Kanban dílců améby 1940

Z těchto grafických analýz vyplynulo, že největší negativní podíl na OTTR mají dílce č. 1 a 2. Jejich OTTR výkonnost je s porovnáním s ostatními nejnižší a zároveň tyto dílce mají největší podíl na celkovém výkonu améby. Proto byly pro následující fáze vybrány právě dílce 1 a 2.

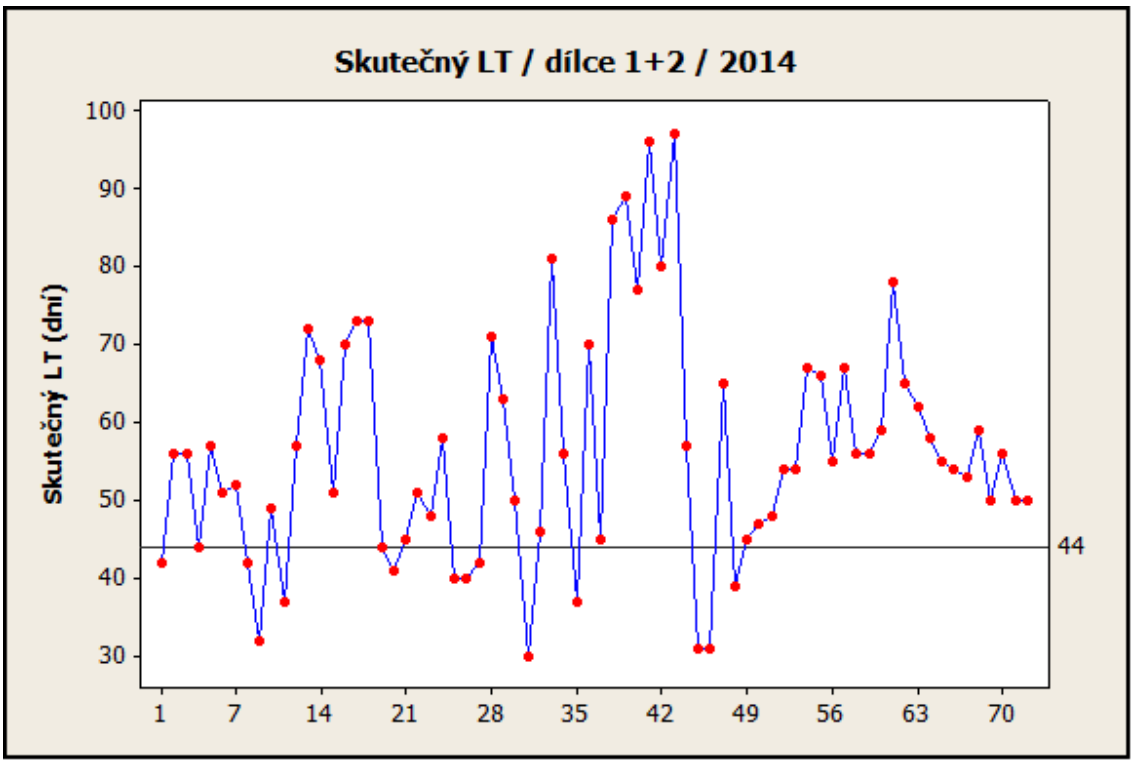
2.6 Fáze analýzy

Ve fázi analýzy se projekt zabýval dalším zhodnocením a analýzami příčin stávajícího stavu, identifikací problémů a díky nim byly vybrány varianty řešení pro dosažení projektových cílů.

2.6.1 Analýza stavu výroby dílce 1+2

Graf vývoje skutečného LT

Graf zobrazuje dosažené hodnoty LT s porovnáním s cílovou hodnotou 44 dní, která je nastavena v systému SAP a zákazník dle ní objednává prostřednictvím SAP své objednávky. Graf ukazuje vysokou variabilitu v délce výroby příslušných zakázek, kdy délka výroby překročila cíl i dvojnásobně a v průměru se pohybovala kolem hodnoty 55 dní.



Graf 10 - Vývoj LT dílce 1 a 2 za rok 2014

Analýza příčin problému cílců 1+2

V předchozích kapitolách byly detailně analyzovány výsledky OTTR metriky jakožto hlavního výkonnostního ukazatele z pohledu zákazníka. U Kanban systému se za splnění OTTR počítá odeslání požadovaného kusu do tří dnů od data objednání. Plnit takový požadavek je možné pouze díky volné zásobě (zákazník na ně nevytvořil poptávku) požadovaných kusů ve skladu hotových výrobků. Ten je plynule zásobován dokončováním dříve vydaných zakázek. Funkčnost tohoto systému kriticky závisí na dodržování systémového LT, z něhož se počítá počet Kanban karet rotujících a tím i celková velikost skladu hotových výrobků a jeho pojistná zásoba. Dodržování LT má tedy na OTTR přímý vliv, ale příčiny nedodržení OTTR nemusí plně korespondovat s příčinou nedodržení systémového LT. Ten se počítá od data vydání zakázky do výroby, a pokud například pro výrobu zakázky chybí vstupní materiál, není zakázka vydána (Kanban karta není vložena do výroby) a její datum startu je přesunuto na pozdější termín.

Proto, jako jediné hlavní zdroje překračovaných cílů pro LT dílců jsou z historických zkušeností firmy:

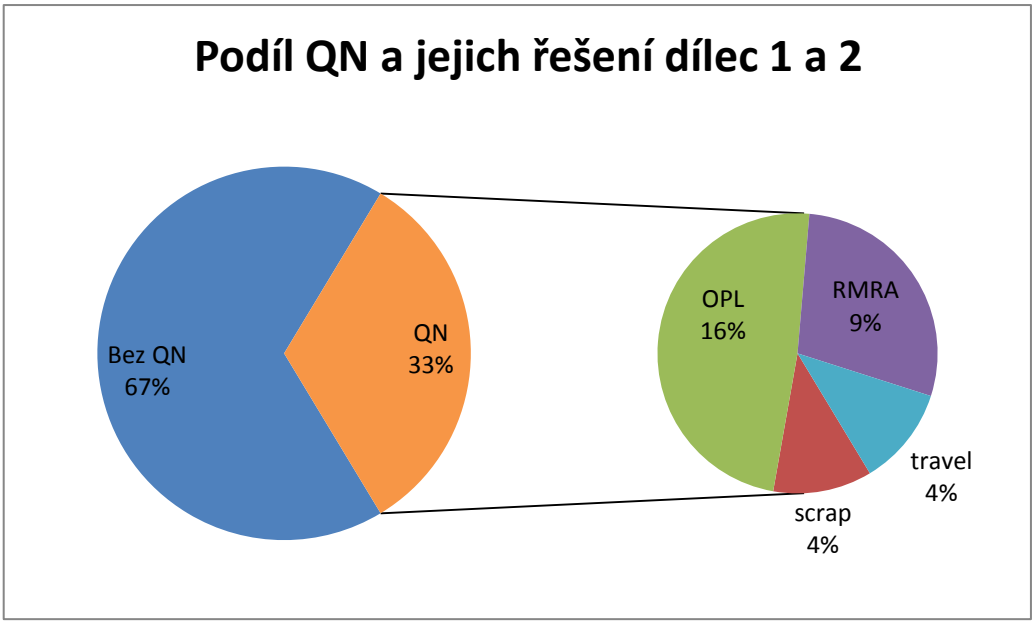
1. Nedostatek výrobních kapacit – dlouhodobá přetíženost kritických výrobních kapacit (jako jsou sdílené servisy, obráběcí centra, měření CMM apod.) a nedostupnost určitých výrobních kapacit v daném čase (ve zkratce velký počet druhů vyráběných dílců, které mají rozdílné technologické postupy, a každý z nich vyžaduje specifické výrobní kapacity, které sdílejí spolu s ostatními dílci, ale potřebují jejich dostupnost v rozdílných časech)
2. Technologické problémy dílců – neshody vzniklé při výrobě dílce musí podstoupit proces jejich vyhodnocení a tvorby plánu následujícího postupu (oprava, zmetkování dílce a výroba nového aj.) a délka tohoto procesu může za následek prodloužení výroby dílce i o několik dní.

Tyto příčiny byly následně prověřeny díky analýze technologických problémů dílce a využití výrobních kapacit, skrz které dílec prochází.

Analýza technologických problému/neshod dílce

Pro analýzu technologických problémů dílce, byly zpracovány data počtu QN(neshod), které mají vliv na délku skutečného LT a jejich následné řešení. Z těchto

dat se dá usoudit, jak velký vliv na LT dílce tyto neshody mají. Je zde také uvedena tabulka která popisuje vývoj počtu QN v průběhu roku.



Graf 11 – Podíl QN a jejich následné řešení pro dílce 1 a 2

Tabulka 4 – Tabulka QN pro dílce 1 a 2 za rok 2014

Měsíc (2014)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Počet zakázek	8	8	7	5	6	8	6	5	15	9	6	9
Dodaných zakázek	8	8	7	4	6	8	5	5	14	9	6	9
Počet QN	0	2	1	2	2	7	2	2	5	5	3	3
Počet zmetků	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
Celkový výnos procesu	100,00%	100,00%	100,00%	80,00%	100,00%	100,00%	83,33%	100,00%	93,33%	100,00%	100,00%	100,00%

Jako nejzávažnější problémy z hlediska prodloužení LT dílce (řešení těchto QN trvá zpravidla nejdelší čas) jsou stavy, kdy se dílec musí zmetkovat (scrap), nebo pokud je na dílec vystaveno tzv. RMRA což znamená, že dílec nevyhovuje v nějakých parametrech výkresovým požadavkům, ale dílec prodán na žádost o výjimku. QN ve stavu „travel“ znamená, že po překontrolování dílce bylo QN shledáno bez vlivu na požadavek zákazníka. OPL(opravný list) znamená, že byl vystaven opravný list, neshoda je teda opravena dle pokynů technologa dílce.

Tabulka celkové měsíční úspěšnosti procesu výroby ukazuje, že celková výkonnost procesu výroby (poměr úspěšně vyrobených vs. zmetkovaných dílců) je na úrovni 80% a výše. Celkového pohledu jsou technologické problémy dílce 1+2 významnou příčinou prodlužování LT. Třetina vydaných zakázek se potýká s technologickým problémem, který musí technolog dílců řešit.

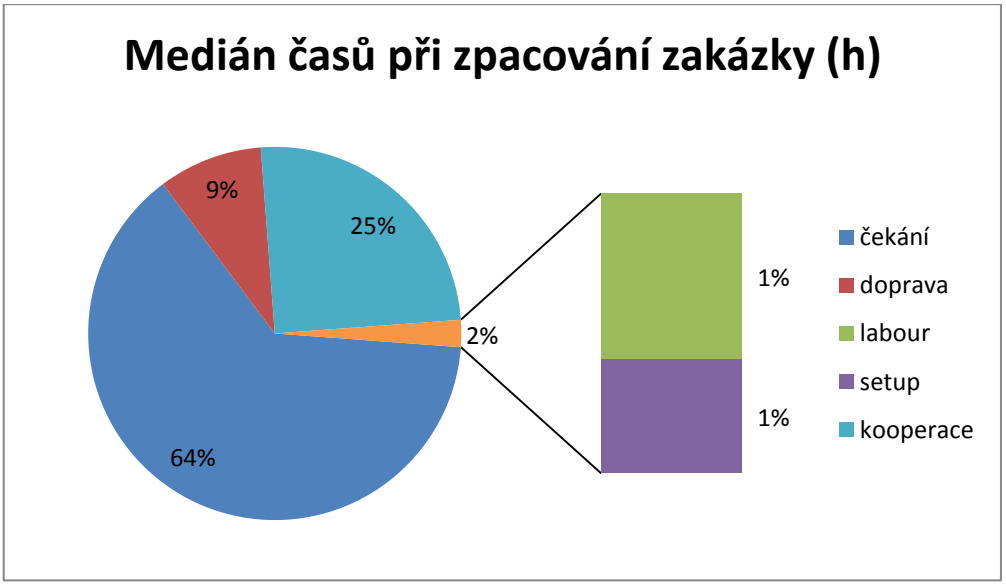
I když se tento projekt nezabýval řešením technologických problémů (ty má na starosti technolog dílce, respektive projekty oddělení technologie), bylo s těmito skutečnostmi při návrhu nového systému řízení výroby tohoto dílce počítat.

2.6.2 Analýza výrobních kapacit

Kromě technologických problémů, bývá (ne)dostupnost výrobních kapacit nejvýznamnější problém při dodržování systémového LT dílce. Analýza výrobních kapacit byla provedena pomocí kvantifikace průměrných zásob před každým pracovištěm, přes které dílce 1 a 2 prochází, do podoby čekacích časů před pracovištěm.

LT dílce se dá zjednodušeně stanovit jako součet všech pracovních časů (labour) seřizovacích časů (setup) a čekacích časů před pracovišti (do kterých je zahrnuta i doprava dílce na pracoviště). Z těchto času, lze jako hodnotu přidávající označit pouze pracovní čas stroje a operátora. Ostatní časy jsou při výrobě dílce pouze plýtvání, které je nutné pro zkrácení LT eliminovat.

Jako zdroj dat byly použity časové záznamy odvádění operací v zakázkách dílců 1 a 2 ze systému SAP. Analýza byla založena na informacích shrnutých do tabulky výroby dílců 1 a 2. v příloze C. Tato tabulka zachycuje sled pracovišť, procesní a nastavovací časy včetně čekacích časů mezi pracovišti. Potřebná data byla sesbírána pomocí reportu ze systému SAP.



Graf 12 – Medián časů při zpracování zakázek

Graf ukazuje rozložení času při zpracovávání zakázky. Téměř dvě třetiny veškerého času dílec čeká v regálech před pracovišti. Zpracování dílce v kooperaci s externím dodavatelem trvá 25%. Čas dopravy byl určen empiricky, kdy doba dopravy dílce včetně čekání na ni, na pracoviště mimo amébu trvá (je garantováno) maximálně 2h a byla počítána právě tato maximální hodnota. Časy zpracování dílce včetně přípravných časů zabírá z celkového času pouhá 2%.

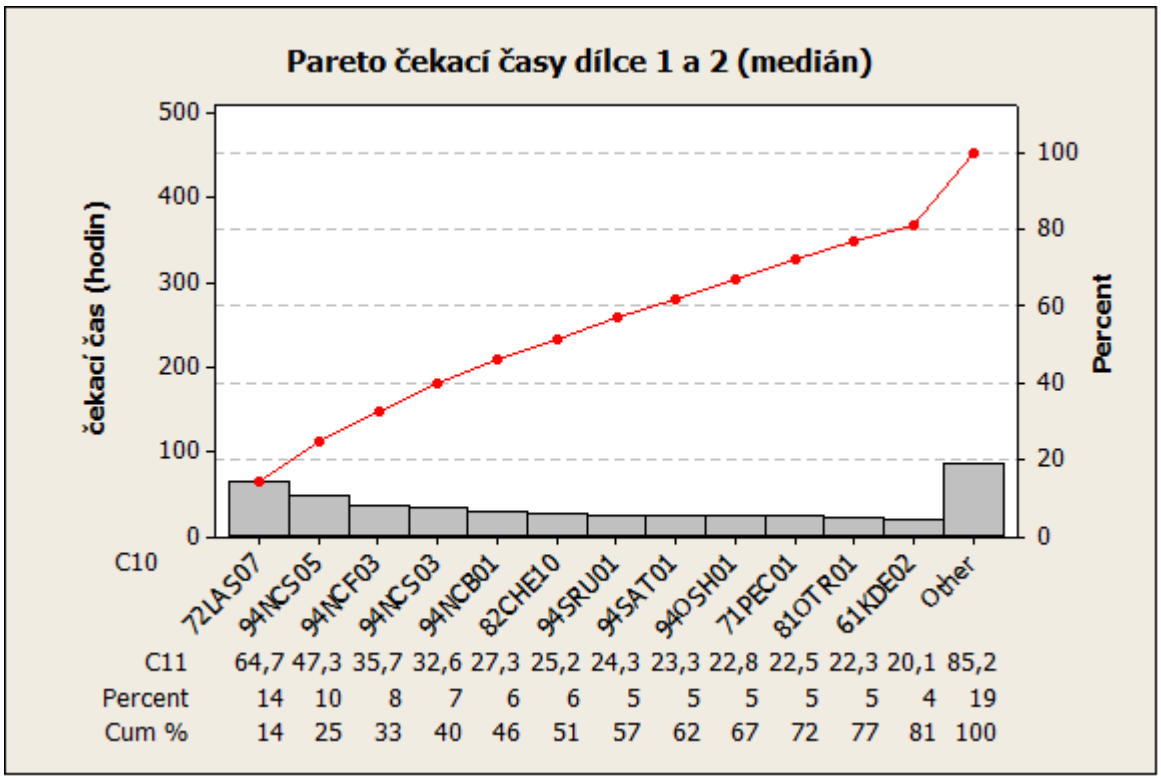
PCE index (podíl VA a NVA časů) slouží k vyjádření časové efektivity procesu a je díky němu možné porovnávat provedené změny v řízení výroby dílce. PCE index současného stavu:

Tabulka 5 VA/NVA a PCE index dílce 1 a 2

VA (h)	13,55
NVA (h)	974,17
PCE index	1,39%

2.6.3 Čekací časy před pracovišti

Pro detailnější pohled na čekací časy před pracovišti byla využita Pareto analýza. Vzhledem k velkým rozdílům mezi průměrem hodnot a jejich mediánem, byly pro analýzu použity střední hodnoty (medián) čekacích časů.



Graf 13 – Pareto analýza čekacích časů dle pracoviště

V příloze D se nachází tabulka s hodnotami aritmetického průměru i středních hodnot čekacích času a jejich poměru. Z poměru těchto časů lze vysledovat vývoj čekacích časů – průměr je v tomto případě vždy vyšší než medián a čím je poměr vyšší, tím více dochází i k několikanásobnému a nárazovému nahromadění práce před pracovištěm.

Tato skutečnost je zásadní a opět přispívá k pochopení problematiky řízení výroby v prostředí HAO, kterou neovlivňuje pouze požadavek zákazníka a výkyvy těchto požadavků. Ale zásadně ke složitosti řízení kapacit přispívá i obrovská rozdílnost nároků na kapacity mezi dílci, které je navzájem sdílejí a z toho vyplývající dynamické změny v čekacích dobách různých pracovišť dle aktuální skladby typů a množství dílců procházející výrobou.

2.6.4 Vyhodnocení analýz

Fáze Analýzy se zabývala bližším pohledem na tok dílců 1 a 2 výrobou. Cílem bylo sesbírat a zhodnotit výrobu těchto dílců z pohledu reálné doby výroby, srovnání s cílovou (systémovou) hodnotou a pomocí následných analýz technologických problémů a detailnějšího zkoumání rozdělení VA/NVA časů určit příčinu překračování standardního LT dílců.

Za podstatnou část prodlužování výroby dílců stojí jejich technologické problémy, respektive následná doba jejich řešení. Přestože technologický problém při výrobě potká zhruba třetina všech vyráběných kusů, není jedinou a nejvýznamnější podstatou zkoumaného problému. S reálným LT delším než systémový se potýká drtivá většina vyráběných dílců, a jako zásadní příčinu tohoto stavu lze hledat v čekacích časech/zásobách rozpracované výroby před pracovišti, přes které dílce procházejí. V tabulce níže je přehled nevýrobních časů a jejich porovnání se systémovým LT za rok 2014.

Tabulka 6 – Výrobní / nevýrobní časy vs. LT dílců 1 a 2

	Průměr	Medián
Suma nevýrobních časů (hodin)	1917,5	951,3
Suma nevýrobních časů (dní)	79,9	39,6
Systémový LT (dní)	44	

Rozložení rozpracované výroby mezi pracoviště ukázuje Pareto analýza a z jejího závěru nelze jednoznačně určit úzké místo, jelikož čekací časy v řádu desítek hodin se potýkají téměř všechny pracoviště. To znamená, že postupovat v tomto případě k řešení problému překračování LT a jeho snížení pomocí metodiky eliminace úzkých míst, by zřejmě nepřineslo požadované zlepšení.

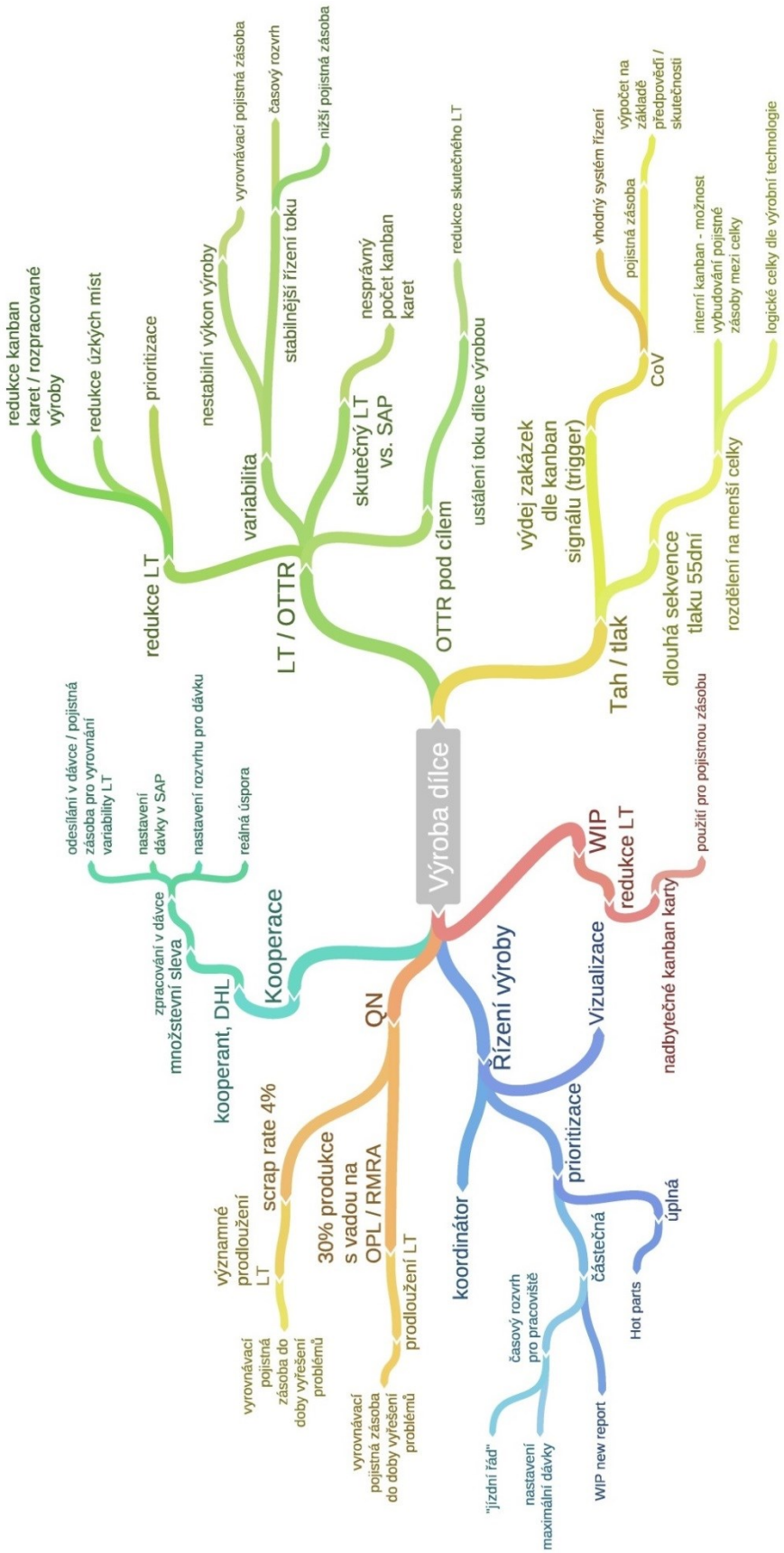
2.7 Fáze Zlepšování

Po zhodnocení aktuální situace z hlediska výroby dílce 1 a 2 v předchozích fázích se projekt ve fázi Zlepšování zaměřil na tvorbu konceptu řízení výroby formou „virtuální výrobní linky“ a její realizaci.

Ve fázi Zlepšování projekt využil další nástroje Six Sigma, které dopomohly k výběru řešení a ohodnocení případných rizik jeho fungování. Pro nalezení směru, jak by měl nový koncept vypadat, bylo potřeba informace získané v předchozích fázích projektu a k nim návrhy řešení nejprve systematizovat. K tomuto účelu posloužila myšlenková mapa.

Myšlenková mapa umožnila utřídění návrhů na nové řešení řízení výroby dílců 1 a 2 spolu s reáliemi zjištěnými pomocí předchozích analýz. Do středu myšlenkové mapy bylo umístěno základní téma výroby dílce, na které další kategorie a úvahy navazovaly.

Myšlenková mapa

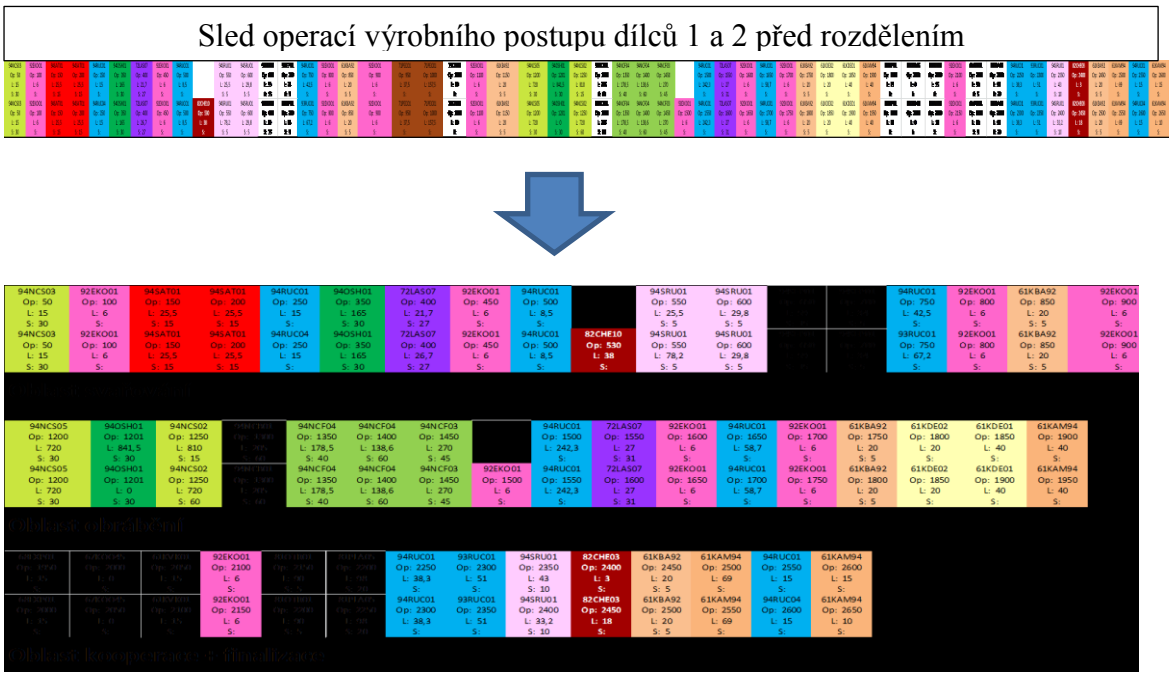


Obrázek 17 – Myšlenková mapa

2.7.1 Vzniklý koncept

Rozdělení postupu

Nový koncept byl založen na usnadnění řízení výroby dílce pomocí několika aspektů: celkově se dílce vyrábějí v dlouhých sekvencích tlaku. Ačkoliv je spuštění výroby dílce řízeno Kanban signálem (trigger) následně je výrobou „tlačen“ přes 54 operací v celkové délce 55 dní v průměru. V případě, že je dílec např. zmetkován ke konci svého výrobního postupu, jeho nahrazení bude trvat poměrně dlouhou dobu. Jako první rozhodnutí bylo rozdělit výrobu dílců na kratší, celkově 3 logické celky a to dle jejich výrobní technologie.



Obrázek 18 – Rozdělení výrobního postupu na základě technologie zpracování

Rozdělení postupu do menších celků umožní lepší kontrolu nad postupem dílce výrobou, technologickým zpracováním a zároveň umožní případné vytvoření pojistných zásob mezi celky. Návrhu pojistných zásob mezi celky je popsán v jedné z následujících kapitol.

Výroba dle časového rozvrhu

Základ pro systém řízení výroby dílců 1 a 2 na amébě 1940 je výroba dle časového rozvrhu. Časovým rozvrhem je dán přesný čas, kdy, kde a v jakém množství se mají dílce zpracovávat. Cílem tohoto řešení je zajistit předem určený a řízený tok dílce výrobou a to za cenu i částečného upřednostnění dílců na úkor ostatních.

Při návrhu tohoto řešení byly diskutovány výhody oproti negativním vlivům, které možné „předbíhání“ dílců v regálech před pracovišti může přinést. Silný argumentem pro zavedení časového rozvrhu byla důležitost těchto dílců jak pro zákazníka, tak i pro amébu. Výroba těchto dílců tvoří podstatou část výroby celé améby 1940, jak bylo popsáno v předchozích fázích projektu. Další výhodou byla možnost zkrátit pomocí časového rozvrhu LT dílců, redukovat variabilitu LT a snížit tak celkové množství rozpracované výroby (WIP). Se stabilním tokem dílců výrobou se také zjednoduší jeho řízení v průběhu výroby a je možnost věnovat pozornost ostatním. Také se očekává stabilizace výkonu améby v oblasti výkonnostních ukazatelů. Výhodou tohoto konceptu je také možnost měnit „priotitu“ – míru upřednostnění a to pomocí „dostupného času čekání“. Více vysvětlí následující příklad:

Tabulka 7 – Příklad rozvrhu pro pracoviště 94NCS03

Operace č.:		50	
Pracoviště:		94NCS03	
Lead time / Setup		30 min	15 min
čas startu	Čt	6:00	
čas finish	Čt	10:00	

V operaci 50 je na pracovišti 94NCS03 nutné ve čtvrtek zpracovat všechny dílce 1 a 2 a to v čase od 6:00 do 10:00. Vzhledem k tomu, že se dílce můžou zpracovávat v dávce, celkový čas pro zpracování těchto dílců závislý na počtu zpracovávaných kusů (viz. rovnice 7). V případě 3 kusů bude nutné věnovat těmto dílcům maximálně 1,75h z celkově dostupných 4h. V procentuálním vyjádření je v tomto případě využití dostupného času 43%. Zbytek času je dílcům „dovoleno“ čekat, tzn. dílcům se nedává absolutní priorita a pracoviště může zpracovat i ostatní dílce.

$$Celkový\ procesní\ čas\ (minuty) = ST + (LT\ \times počet\ dílců)$$

Rovnice 7 – Výpočet celkového procesního času

Kde:

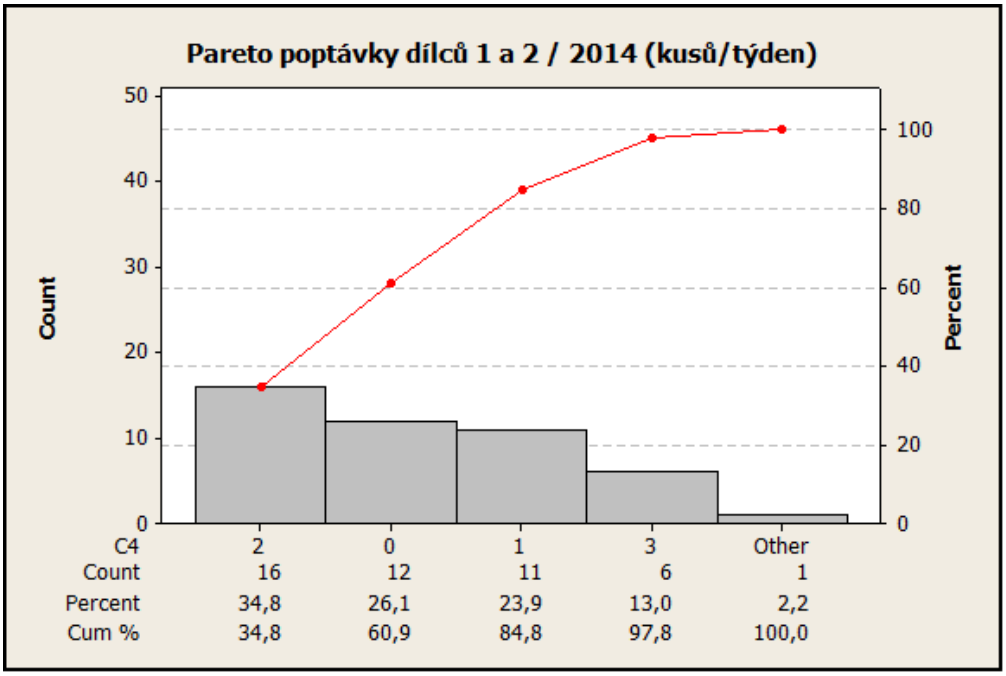
ST – Setup/přípravný čas výroby (minuty)

LT – normovaný procesní čas zpracování jednoho kusu (minuty)

Pro fungování takové „linky“ je nutné splnit hlavní podmínku a to dokončit a dopravit dílce na následující pracoviště ideálně v době startu následující operace. Nejpozději však v čase „finnish“ mínus doba zpracování dávky v následující operaci.

Kapacita linky

Vytvořený rozvrh „linky“ pro všechny celky výrobního postupu byl koncipován na určitou maximální kapacitu, kdy čas zpracování je kratší než dostupný čas na daném pracovišti a nepřekročí stanovenou míru upřednostnění. Kapacita byla stanovena na základě pareto analýzy týdenní poptávky dílců 1 a 2 v roce 2014, viz graf 14.



Graf 14 - Pareto analýza týdenní poptávky dle počtu kusů za rok 2014

V 98% všech případů byla suma týdenní poptávky menší nebo rovna 3 kusem. Časový rozvrh byl teda koncipován na maximálně 3 kusy/týden. Vizualizace rozvrhu se nachází v příloze E.

Další principy řízení linky pomocí časového rozvrhu

Počátek zpracování zakázek je stanoven na pevný čas v průběhu týdne, a i když je zakázka vydána do výroby dříve, dílce jsou zpracovány až v daný čas dle rozvrhu. v případě, že se dílec zpozdí nebo vznikne na něm vada, vypadává daný kus z linky a pokračuje výrobou standardní cestou, tj. dle řízení fronty před pracovištěm, nejčastěji FIFO nebo dle nástroje „WIP new“ (dle zpožděnosti dané zakázky). Zpět do linky může „nastoupit“ pouze v daný čas dle rozvrhu a v případě, že není překročena kapacita tří kusů

/týden. Pro spolehlivost dodržování časového rozvrhu byly operace mimo amébu 1940 (sdílené servisy - laser, tepelné zpracování) vzhledem k jejich režimu práce 24h x 7dní přesunuty na dobu víkendu s dostatečnou časovou rezervou rovnající se průměrné čekací době pracovišť. Tím bylo dosaženo také přímé snížení LT dílce, který se počítá na pracovní dny.

2.7.2 Velikost rozpracované výroby / WIP (Work In Process)

Míra upřednostnění dílců byla založena na potřebě zkrátit dobu LT na takovou míru, aby rozpracovaná výroba a případná pojistná zásoba nepřekročila současnou míru rozpracované výroby.

To vycházelo z principu, že velikost rozpracované výroby u „Kanbanových“ dílců se řídí na základě výpočtu množství Kanban karet a maximální počet dílců ve výrobě se rovná právě množství počtu karet (v případě, že 1 karta reprezentuje 1 kus).

Množství karet se skládá ze dvou částí a závisí na několika faktorech.

Počet „standardních karet“

- Délka doplnění chybějící zásoby – LT dílce
- Průměrná poptávka zákazníka

Pojistná zásoba:

- Variabilita LT – směrodatná odchylka cyklu realizace objednávky
- Variabilita poptávky zákazníka – směrodatná odchylka spotřeby v době objednávky
- Koeficient zajištění

Veškeré hodnoty v následujících tabulkách byly vypočítány dle vzorců uvedených v kapitole 1.3.2.

V případě rozdělení výroby dílce a tím pádem i LT na 3 celky to znamená navýšení celkového počtu karet o další 2 pojistné zásoby. V případě že by byla pojistná zásoba a celkový počet Kanban karet vypočítána bez redukce LT a se stejnými parametry variability, vypadala by situace následovně:

Tabulka 8 – Výpočet Kanban karet / Srovnání před a po rozdělení postupu bez změny LT

Průměrná týdenní poptávka	LT dílce (prac. dny)	Směrodatná odchylka	Průpměrná denní poptávka	Směrodatná odchylka (průměrná denní poptávka)	Koeficient zajištění	Pojistná zásoba	Počet standardních karet	Celkem (standardní karty + pojistná zásoba)
1,6	44	13	0,32	0,285	1,65	8	15	23
					Celkem	8	15	23
Výpočet množství kanban karet po rozdělení postupu								
1,6	11	3,3	0,32	0,285	1,65	3	4	7
1,6	20	5,9	0,32	0,285	1,65	4	7	11
1,6	13	3,8	0,32	0,285	1,65	3	5	8
					Celkem	10	16	26

Pokud by se postup rozdělil na 3 části a mezi každou by se přepočítal počet karet včetně aplikování pojistné zásoby, celkový počet karet – množství rozpracované výroby se zvýšilo z původních 23 karet na celkových 26. Příčinou tohoto přírůstku je navýšení množství pojistné zásoby, jelikož parametry, na kterých závisí, zůstaly nezměněny. Směrodatná odchylka LT byla přepočítána dle poměru délky nově zvolených LT se stejnou sumou 44 dní. Poměr LT rozděleného postupu byl vypočítán na základě délky jednotlivých fází nových postupů.

Vzhledem k cílům firmy množství zásoby rozpracované výroby dlouhodobě snižovat, šel by takto upravený postup proti cílům společnosti a bylo by složité takové změny aplikovat do praxe. Pro podpoření cílů firmy a splnění cílů tohoto projektu bylo nutné zkrátit průběžnou dobu výroby na takovou míru, aby celkové množství zásob nepřekračovalo současnou mez. v praxi to znamenalo nastavit nový LT dílců tak, aby počet standardních karet klesl z 16 na méně než 13. Pro splnění podmínky snížení počtu standardních karet musel být celkový LT nastaven na hodnotu 33 pracovních dní. Konkrétní hodnoty nových výpočtů jsou uvedeny níže.

Tabulka 9 – Počet Kanban karet při rozdělení postupu a snížení LT na 33 dní

Výpočet množství kanban karet po rozdělení postupu s snížením LT na 33 dní								
Průměrná týdenní poptávka	LT dílce (prac. dny)	Směrodatná odchylka	Průpměrná denní poptávka	Směrodatná odchylka (průměrná denní poptávka)	Koeficient zajištění	Pojistná zásoba	Počet standardních karet	Celkem (standardní karty + pojistná zásoba)
1,6	8,0	3,3	0,32	0,285	1,65	3	3	6
1,6	15,0	5,9	0,32	0,285	1,65	4	5	9
1,6	10,0	3,8	0,32	0,285	1,65	3	4	7
					Celkem	10	12	22

Při snížení LT na 33 dní se celkové množství karet redukovalo na 22. a to při současném zvýšení zajištěnosti pomocí větší pojistné zásobě, která vzrostla z původních 8 na 10 kusů. Tyto propočty byly provedeny s původní variabilitou délky LT.

U aplikace výrobního rozvrhu na výrobu dílce s částečným upřednostněním dílců se dá předpokládat celková redukce variability průběžného času výroby. Variabilita LT v postupu výroby řízeném díky rozvrhu bude budoucí variabilita záviset na množství dílců, které budou z linky vypadávat. Výpadky z linky můžou být způsobeny především vznikem neshody na dílci nebo nedodržením rozvrhu - zpožděním dílce.

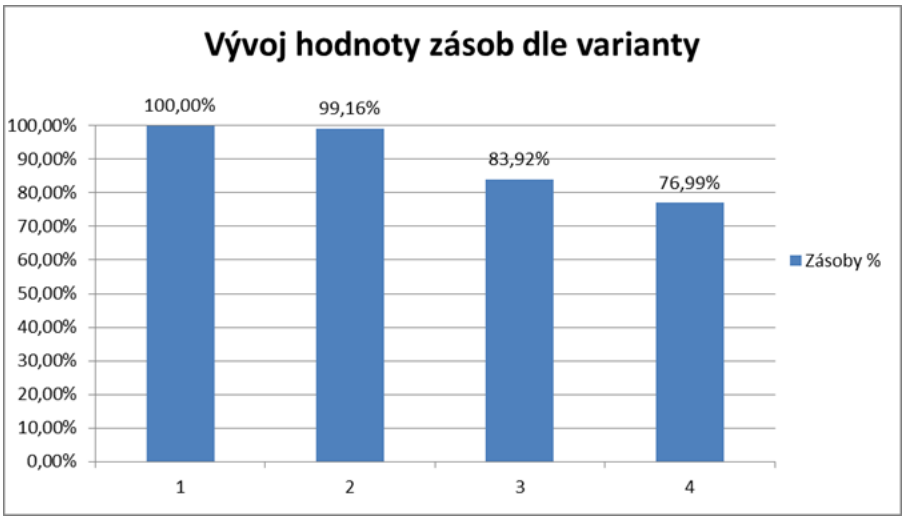
V případě odhadu, že by z linky vypadlo např. 20% dílců díky nedodržení rozvrhu (nedostatek výrobních kapacit, porucha stroje, apod.) a zhruba 33% díky vzniku neshody (současná úroveň neshod na dílcích), výsledná směrodatná odchylka a celkový počet karet by se snížil na výsledných 20.

Tabulka 10 Počet Kanban karet po rozdělení postupu se snížením LT a simulovanou budoucí variabilitou

Množství kanban karet po rozdělení postupu s LT 33 dní a odhadovanou variabilitou LT								
Průměrná týdenní poptávka	LT dílce (prac. dny)	Směrodatná odchylka	Průpměrná denní poptávka	Směrodatná odchylka (průměrná denní poptávka)	Koeficient zajištění	Pojistná zásoba	Počet standardních karet	Celkem (standardní karty + pojistná zásoba)
1,6	8,0	2,3	0,32	0,285	1,65	2	3	5
1,6	15,0	3,3	0,32	0,285	1,65	3	5	8
1,6	10,0	2,5	0,32	0,285	1,65	3	4	7
					Celkem	8	12	20

Vývoj zásob dle variant řešení

Pokud se vykreslí celková hodnota zásob dle varianty řešení, vypadá výsledek následovně:



Graf 15 - Vývoj hodnoty zásob rozpracované výroby dle variant řešení

Kde varianta 1 je původní výše zásob celkově 23 Kanban karet. Varianta 2 je situace po rozdělení postupu bez snížení LT, celkově 26 karet. Podstatné snížení zásob nastává při variantě 3 tj. se sníženým LT na 33 dní. Varianta 4 zobrazuje předpověď množství zásob/počtu karet při odhadu snížení variability dodávek výrobního procesu, celkem 20 karet.

2.7.3 Vizualizace konceptu – vizuální řízení

Pro vzniklý koncept byla vytvořena vizualizace pro možnost vizuálního řízení výrobní linky dílců 1 a 2.

Pro Tier 2 (každodenní schůzky týmu améby – supervizor, koordinátor, plánovač a technologové dílců) byla vytvořena vizualizace (příloha F) pro sledování průběhu výroby dílců z hlediska jejich postupu výrobou a umožnit tak efektivně kontrolovat fungování linky, rozpoznat případné problémy a nastavit včas akce pro jejich řešení. Odpovědnost za aktualizaci informací byla stanovena na plánovače améby.

Dále byl graficky zpracován nově vzniklý rozvrh pro zpřehlednění rozdělení času na pracovištích (příloha G). Pro vizualizaci fyzického toku dílců v rámci oblasti svařování amébou byl zpracován špagetový diagram. (příloha H)

Pro usnadnění řízení toku dílců na samotných pracovištích byla pro každé pracoviště vytvořena tabulka s časy plánovaného příjezdu dílců na pracoviště, jejich odjezdu, typové označení předchozího a následujícího pracoviště a tabulka je doplněna i časem zpracování dílce a časem nejzazšího startu pro zajištění splnění časového rozvrhu.

2.7.4 Shrnutí nového konceptu

Nové řešení pro řízení výroby dílců 1 a 2 na amébě 1940 se skládá z těchto částí:

Rozdělení postupu

Postup byl rozdělen z důvodu možnosti řídit kratší celky výroby dílce s návazností na jeho technologické zpracování. Rozdělení postupu umožní mezi tyto celky aplikovat Kanban pojistnou zásobu a lépe stabilizovat dodávky dílců zákazníkovi.

Řízení výroby pomocí časového rozvrhu.

Rozvrh je založen na základě pevně stanovených časů začátku a konce pro výrobu na daných pracovištích. Tento přístup umožňuje přesně řídit postup dílců přes pracoviště a také udělit a řídit u dílců prioritu oproti ostatním dílcům ve frontách pracovišť. Pevný rozvrh podporuje stabilizaci variability LT a nepřímo tak může vézt ke snížení počtu Kanban karet - rozpracované výroby.

Snížení LT

Pro splnění cílů projektu bylo využito řízení pomocí rozvrhu ke snížení LT z původních 44 dní (systémová hodnota) na výsledných 33 dní. Snížení LT bylo vypočteno na základě podmínky nezvyšovat celkové množství Kanban karet a udržet tak rozpracovanou výrobu na alespoň původní úrovni. Reálné snížení průběžného času výroby pomocí částečného upřednotnění dílců na základě pevného rozvrhu výroby všech pracovišť.

Aplikace Kanban na nově vzniklé podsestavy

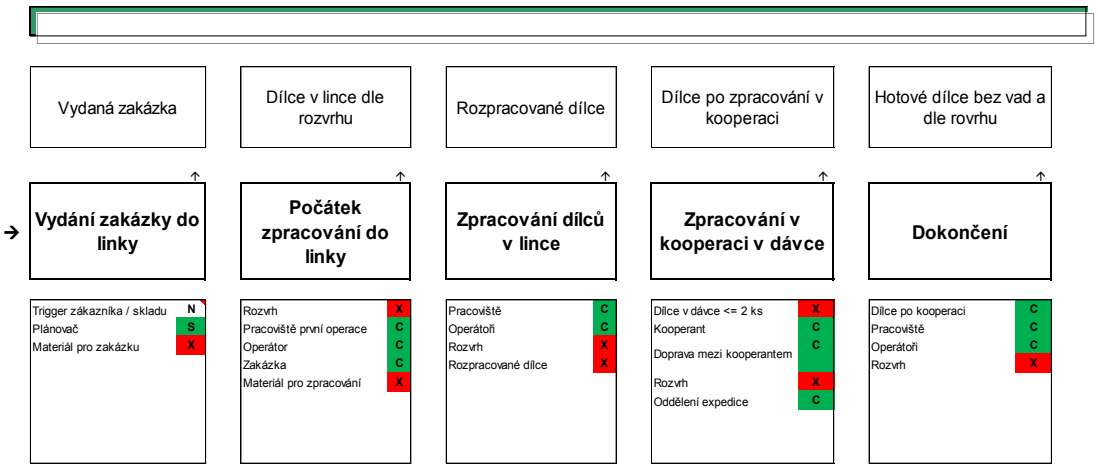
Po rozdělení postupu na 3 kratší celky vznikly další 2 na sobě navazující podsestavy. Vzhledem ke skutečnosti, že Kanban řízení je zatím aplikováno pouze na finální sestavy, pro možnost vzniku pojistných zásob mezi podsestavami je nutné aplikovat Kanban řízení i na ně.

Vizualizace řízení

Řízení toku dílců mezi pracovišti spoléhá na práci operátorů, kteří zajišťují přesun dílců mezi pracovišti uvnitř améby a vedení améby má odpovědnost za funkčnost linky jako celku. Pro oba účely byla vytvořena vhodná vizualizace.

2.7.5 Procesní mapa

Další nástroj, který byl použit v průběhu fáze zlepšování je budoucí procesní mapa. Byl mapován proces výroby dílce pomocí nově vytvořeného konceptu řízení pomocí rozvrhu, tak jak byl popisován. Cílem mapování nového procesu bylo určit základní procesní kroky včetně jejich vstupů a výstupů.



Obrázek 19 – Procesní mapa budoucího stavu

V procesní mapě byly také vstupy rozděleny do kategorií jejich řiditelnosti a kritičnosti. To, který vstup je kritický do každého procesního kroku bylo zhodnoceno pomocí analýzy možného výskytu a vlivu vad – FMEA.

2.7.6 FMEA

FMEA neboli analýza možného výskytu a vlivu vad je jeden z nejužitečnějších a také nejpoužívanějších nástrojů ve firemní praxi Honeywell Olomouc. FMEA slouží jako kvantifikátor potenciálního rizika/rizikovosti vstupů do jednotlivých procesních kroků. Pomocí FMEA byl celý proces výroby/řízení nové výrobní linky hodnocen ještě před jejím zavedením do praxe. To umožnuje eliminovat, nebo alespoň zmírnit případné problémy ještě před skutečným spuštěním linky. FMEA, kterou naleznete v příloze I, zobrazuje pro přehlednost pouze vyfiltrované kritické vstupy tj. s výsledným skóre RPN větším než 125.

Mezi hlavní rizikové vstupy pro funkčnost linky je dostupnost materiálu v daný čas dle rozvrhu a dostupnost daného pracoviště v době, kdy přes něj procházejí dílce 1 a 2. Jako příčina možného selhání těchto vstupů byly určeny případné technologické problémy dílce, jiné priority na pracovištích jako je HOT part (dílec s absolutní předností), neproškolený operátor v řízení fronty před pracovištěm tak, aby byl zabezpečen tok dílců 1 a 2 dle rozvrhu, případně nedostatečná časová rezerva v rozvrhu pracovišť mimo amébu.

Na všechny kritické vstupy byly vystaveny akce, které se buď realizovaly, nebo jsou v průběhu realizace. Na technologické problémy dílce je projekt pozastaven z důvodů nedostatku kapacit oddělení technologie, respektive vyššími prioritami pro řešení ostatních dílců a problémů.

2.7.7 Realizace nového konceptu

Součástí fáze zlepšení bylo a je realizace projektu – aplikace všech navrhovaných změn. Projekt výrobní linky řízené rozvrhem se začal realizovat v praxi v průběhu listopadu 2014. Prvně byl postup výroby dílců rozdělen dle plánu na 3 menší celky. Dále byl vytvořený rozvrh a vizualizace pro řízení toku vyzkoušeny na několika testovacích dávkách v průběhu 4 týdnů do počátku prosince 2014. V průběhu testování bylo zjištěno několik problémů v rozvrhu (zejména v dlouhých operacích oblasti obrábění, kdy rozvrh neposkytoval dostatečný časový prostor pro zpracování). V rámci realizace byly nastaveny schůzky 2x týdně na Tieru 2 améby 1940, kde se koordinoval postup dílců linkou, a řešily se případné problémy.

Testování linky bylo však v průběhu prosince pozastaveno z důvodu nedostatku materiálu pro zpracování – dodavatel odlitků odsunul dodávku až na počátek roku 2015. Ještě než se tak stalo, byly změny v rámci řízení a dílčí výsledky projektu úspěšně schváleny managementem firmy. Další postup realizace linky byl teda přerušen a odsunut na dobu, kdy bude materiál opět dostupný. To se událo začátkem března 2015, ale vzhledem k přísunu velkého množství materiálu i z měsíců přerušení dodávek, byly dílce 1 a 2 stanoveny jako nejvyšší priorita a tudíž jsou dílce zpracovávány mimo linku, jelikož množství dílců, na které byla linka nastavena z dřívějška, bylo několika násobně překročeno.

Jako další postup v realizaci bude obnovení provozu linky dle rozvrhu ihned, jakmile bude zpracována první dávka dlužného materiálu a podmínky se vrátí do standardu.

Následně bude pro úplnou funkčnost aplikováno Kanban řízení i na nově vzniklé podsestavy dle stanoveného plánu. Aplikace Kanban v podsestavách momentálně závisí na vyřešení problému v systému SAP, který dosud není připraven na podporu této funkce.

2.7.8 Fáze řízení

Projekt se momentálně nachází mezi fázemi Zlepšení a Řízení. Základní koncept projektu byl již aplikován a vyzkoušen v praxi, ale pro plnou funkčnost bude zapotřebí realizace dalších prvků a úprav, které však byly ovlivněny nepředvídanými situacemi (chybějící materiál), případně ostatními projekty v běhu (aplikace Kanban na podsestavy v SAP).

Pro fázi Řízení je základ stanovit podmínky tak, aby zrealizovaný projekt byl udržen v chodu. K tomuto účelu byl vytvořen řídící plán jako odpověď na kritické vstupy získaných pomocí procesní mapy a FMEA. Řídící plán v sobě obsahuje kritické vstupy, jejich cílové hodnoty, případné akce pokud se od cíle liší a odpovědnost za ně. Konkrétně je řídící plán popsán níže.

Řídící plán

Řídící plán je kritický Six sigma nástroj pro fungování nového procesu. K tomu, aby nový proces fungoval dle toho, jak byl nastaven, je nutné řídit tyto vstupy:

Řízený objekt				
Popis	Jednotka	Cíl	Dolní mez	Horní mez
Materiál pro zakázku	kusy	větší než požadavek	rovno požadavku	2 měsíční spotřeba
Dodržování rozvrhu	% zpožděných dílců	0	0	20
Opetáror linky - kontrola včasných dodávek dílců dle rozvrhu na pracoviště	počet zpožděných dílců/dávky	0	0	0
Odeslaná dávka pro kooperaci	ks	>=2	2	-

Obrázek 20 – Ukázka řídícího plánu

V tabulce jsou zobrazeny kritické vstupy pro proces a jejich cílové a mezní hodnoty. Pokud budou tyto hodnoty překročeny, je nutné provézt akce dálce popsané v kompletním řídícím plánu, který je uvedena v příloze J.

2.7.9 Vyhodnocení projektu

Shrnutí průběhu

Projekt vývoje nového konceptu řízení hlavních dílců améby 1940 měl za cíl stabilizovat výsledky výkonnostních ukazatelů plnění požadavků zákazníka, jako je OTTR a snížit reálnou dobu LT, při stejné nebo nižší hodnotě celkových zásob. Také měl za úkol vytvořit nový proces řízení tak, aby bylo možné jej aplikovat i mimo pilotní amébu. Projekt byl veden pomocí přístupu k řízení projektu Six Sigma a prošel veškeré fáze DMAIC.

Definování

Ve fázi Definování byl stanoven problém a konkrétní cíle, které měl projekt řešit a dosáhnout. Byl stanoven řešitelský tým a pomocí nástroje SIPOC stanoveny projektové hranice. Cíle projektu byly posouzeny i z hlediska návaznosti na cíle firmy.

Měření

V průběhu fáze Měření byl úkol získat a analyzovat užitečná data k identifikaci dílce/dílců, na které bude nový koncept řízení aplikován. Byly vybrány dílce s největším dopadem na výkonnostní ukazatele améby 1940 a zároveň s největším potenciálem pro zlepšení výsledků procesu výroby samotných dílců.

Analýza

Ve fázi Analýzy byly vybrané dílce podrobeny detailnímu zkoumání dat z hlediska dodržování stanoveného LT, množství a vlivu neshod na výsledky LT, čekací časy pracovišť, přes které dílec prochází a byly stanoveny příčiny problémů a jejich míra na výkonnost produkce dílců. Jako klíčové problémy byly stanoveny výkyvy a celkový nedostatek výrobních kapacit, spolu s technologickými problémy dílce.

Projektový tým, se ve fázi analýzy zaměřil, na základě dat získaných v předchozích fázích, na samotnou tvorbu řešení nalezených problémů. Pro vývoj nového procesu řízení výroby dílců 1 a 2, byl využit nástroj myšlenkové mapy. Na jejím základě se stanovily atributy nového procesu řízení

- rozdělení výrobního postupu na kratší celky,

- řízení postupu dílců přes pracoviště pomocí pevného rozvrhu, využívající částečné upřednostnění ve frontách před pracovišti,
- vizualizaci celého řízení a aplikaci Kanban i na nově vzniklé celky.

Zlepšování

Fáze Zlepšování se zaměřila na implementaci vzniklého konceptu. Postup byl rozdělen na kratší celky dle stanoveného plánu. Bylo implementováno vizuální řízení pro podporu funkčnosti nové linky. V této fázi byla vytvořena procesní mapa, včetně vstupů do fází procesu a pomocí nástroje FMEA byly identifikovány kritické vstupy. V průběhu měsíce listopadu 2014 byl celý koncept otestován v praxi a dle reálných zkušeností a výsledků dále modifikován (časový rozvrh pro tok dílců). Testování v praxi bylo začátkem měsíce prosinec přerušeno vlivem zpoždění dodávek surového materiálu pro výrobu dílců, která se obnovila až počátkem března 2015 a od této doby probíhá opět i zavádění projektu do praxe. V současnosti, plné aplikaci projektu brání omezená funkčnost řízení Kanban v prostředí systému SAP, která je nutná pro zavedení navrhovaného Kanban řízení včetně vytvoření pojistných zásob dle provedených výpočtů. Tento problém je však řešen v rámci IT projektu na globální úrovni a plná funkčnost systému se očekává počátkem třetího kvartálu roku 2015.

Fáze Řízení

V současné době se projekt nachází mezi fází Zlepšování a Řízení. Základní koncept funkčnosti byl úspěšně otestován, ale přesto se nedá označit za plně dokončený, z výše uvedených důvodů. Díky testování, získaných zkušeností z reálného fungování konceptu a na základě FMEA, byl vytvořen řídící plán, který bude v budoucnu zajišťovat plnou funkčnost a spolehlivost linky.

Vyhodnocení přínosů

V rámci projektu byl vytvořen koncept řízení výroby, který povede ke skutečnému zkrácení výrobního času ze 44 na finálních 33 dní. Rozdělení finální sestavy na kratší celky, spolu s aplikaci Kanban řízení produkce, povede ke stabilizaci výsledků OTTR, z původních 25% až na 95% (při koeficientu zajištění Z=1,65). Projekt umožní snížení zásob v rámci dílce minimálně o 20%, v porovnání s původní hodnotou. Při praktické realizaci projektu byly nalezeny i přímé finanční úspory v podobě snížení nákladů za práci

partnera v kooperaci a jeho dopravu, a to díky odesílání dílců v dávce 2 a více kusů. Celková finanční úspora by měla přinést v ročním období zhruba tří až čtyř násobek hodnoty dílců. Nově navržený koncept řízení výroby byl již také s modifikacemi vyzkoušen i mimo pilotní amébu a ukázal se jako jeden z vhodných nástrojů pro výrobu stěžejních dílců améb.

3 ZÁVĚR

Diplomová práce na téma „Využití Six Sigma při optimalizaci procesu výroby vybraného dílce“ měla za cíl představit a popsat přístup k managementu projektů pomocí metodiky DMAIC a nástrojů Lean/Six Sigma.

V teoretické části byla popsána filozofie Six Sigma a její přístup k vedení projektů, včetně vysvětlení a popsání jednotlivých fází DMAIC a k nim náležícím nástrojům.

Teoretické znalosti byly následně využity v praxi a pomocí nich byl úspěšně veden a mentorován projekt optimalizace řízení výroby konkrétního dílce ve společnosti Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. Řešený projekt využil ve všech svých fázích DMAIC nástroje, jako je Kanban, procesní a myšlenková mapa, FMEA či řídící plán, a díky těmto nástrojům a týmové práci, byl projekt i následně implementován do praxe.

Pomocí projektu byl vytvořen koncept, který vede k významnému zlepšení parametrů výroby dílce, jako je včasnost a stabilita dodávek, zásob rozpracované výroby a celkových produkčních nákladů a splnil tak své definované cíle. Tím bylo dosaženo v úvodu stanovených cílů diplomové práce.

Celkově se filozofie Six Sigma a projektový management společnosti Honeywell na základě DMAIC ukázal jako správný přístup, obsahující komplexní soubor nástrojů, k úspěšnému vedení projektů, které se mohou zabývat i komplikovanými problémy a které ve finále vedou ke zdárnému výsledku. Nicméně je nutné zmínit, že i když jsou tyto nástroje více než užitečné v hledání a udržení správného směru, jsou stále jen pomůckou a největší vliv na konečný výsledek má samotný projektový tým, jeho vnitřní souhra a motivace členů týmu dosáhnout vytyčených cílů.

CITOVANÁ LITERATURA

[1] TÖPFER, A. a KOLEKTIV. *Six sigma Koncepce a příklady pro řízení be chyb*. Brno: Computer Press, 2008. 501 s. ISBN 978-80-251-1766-8.

[2] PYZDEK, T., KELLER. P. A. Six Sigma handbook 3th ed.. New York: McGraw-Hill Education, 2010. 176 s. ISBN 978-0-07-162337-7.

[3] Six Sigma. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: URL:<http://en.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma>

[4] Brook, Q. Lean Six Sigma and Minitab. 3th ed. OPEX Resources Ltd., 2010, 293 s. ISBN 978-0-9546813.

[5] WALSHE, Kieran, Gill HARVEY a Pauline JAS. Connecting knowledge and performance in public services: from knowing to doing. New York: Cambridge University Press, 2010, xviii, 295 s. ISBN 9780521195461.

[5] Lean Six Sigma. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: URL:< http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_Six_Sigma>

[6] KOŠTURIAK, J. a FROLÍK, Z. a KOLEKTIV. *Štíhlý a inovativní podnik*, 1.vydání. Praha: Alfa Publishing s.r.o., 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9

[7] ROTHER, M. *Learning to See*. 1th ed.: Brookline: Lean Enterprise Institute, 1999. ISBN 0-9667843-0-8

[8] Value stream mapping. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: URL:< http://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping>

[9] Honeywell. Vnitropodnikové materiály a dokumenty společnosti Honeywell Aerospace Olomouc. Olomouc: Honeywell, 2015.

[10] FMEA. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: URL:< http://cs.wikipedia.org/wiki/FMEA >

[11] LIKER, JEFFREY K. a MEIER, D. *The Toyota way*, 1th ed. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2006. 475 s. ISBN 0-07-144893-4.

[12] API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o., *Kanban a jeho aplikace* [online]. 2009, [cit.2015-04-12], Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68342.kanban-a-jeho-aplikace/>

[13] LENORT, R., *Průmyslová logistika*. Skripta VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012. 98 s. ISBN 978-80-248-2584-7

[14] Just-in-Time In: Toyota Motor Corporation [online] [cit. 2015-04-12]. Dostupné z:<http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html>

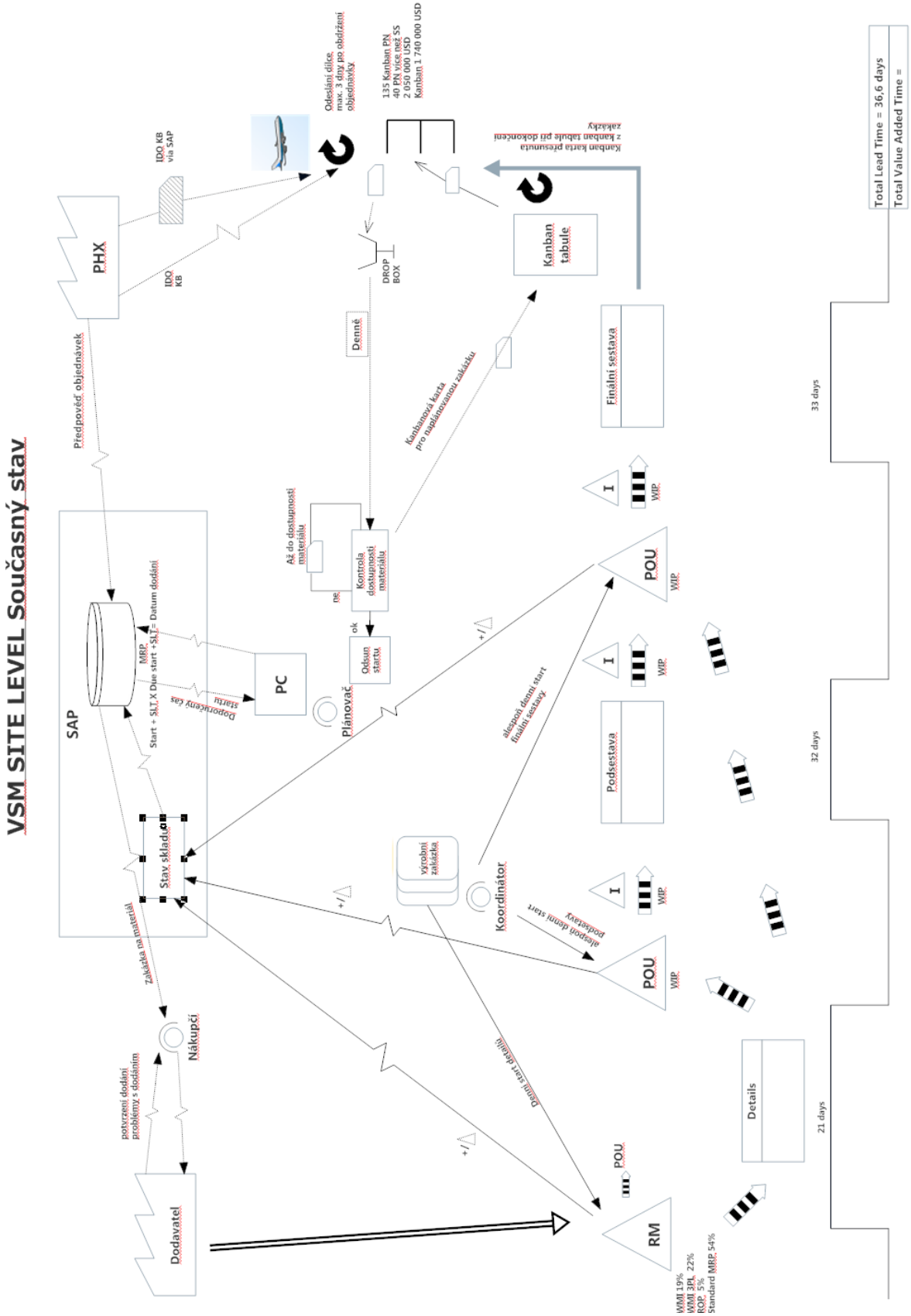
SEZNAM PŘÍLOH

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, ROVNIC A GRAFŮ

Příloha A – Tabulka pro zpracování FMEA

Procesní krok/vstup nebo potenciální riziko	Jednoduchý popis procesu , nebo operace (soustružení, vrtání, řezání závitu, montáž) s vazbou na procesní mapu.
Potenciální způsob selhání/možná vada	Možný způsob poruchy je definován jako způsob, kterým by proces v plnění požadavku na proces mohl selhat. (jak může proces nesplnit požadavky, co by zákazník považoval za nežádoucí). Příklady : deformovaný, uvolněný, vadné umístění, netěsnost, špatný popis, zoxidovaný…
Dopad selhání/možné následky	Možné důsledky závady se definují jako důsledky poruchy způsobu poruchy na zákazníka. Typické následky poruch mohou být : nemožnost smontovat, neshodný dílec, nezapájený dílec, nespokojenost zákazníka
SEV	Význam (důležitost) severity je ohodnocení závažnosti následku možného způsobu poruchy pro další součást,podsystém, systém nebo u zákazníka. Hodnocení 1-10.
Potenciální příčina selhání	Možná příčina závady je definována způsobem, jakým se závada může vyskytnout, popsaným jako něco, co se dá napravit nebo zvládnout. Typické příčiny závad mohou být: nesprávný točivý moment -nadměrný, nedostatečný , nesprávné tepelné zpracování, nesprávný nástroj, nespravné svařovací parametry apod.
Occurence OCC - výskyt	Výskyt – Occurence je charakterizován jako pravděpodobnost, že se určitá příčina, nebo mechanismus vyskytne. (hodnocení 1-10, je určeno týmem)
Stávající způsob kontroly	Stávající řízení procesu – seznam běžných kontrol, které slouží buď k předcházení nebo k odhalení poruchy, pokud by se vyskytla.
DET - detekovatelnost	Odhalitelnost je, že stávající řízení procesu odhalí následný způsob poruchy ještě před tím, než výrobek nebo součást opustí místo výroby, nebo montáže.
RPN- risk priority number	**RPN = SEV*OCC*DET** - kritická hranice 125.
Doporučené akce	Revize technologie Využití statistických metod
Plán/Odpovědnost	Určení vlastníků akcí
Provedená opatření	Prováděné akce a opatření
Hodnocení rizika	**10** = >95% **9** = 90-95% **8** = 80-90% **7** = 70-80% **6** = 60-70% **5** = 50-60% **4** = 40%-50% **3** = 30-40% **2** = 10-30% **1** = < 10%

Příloha B VSM řízení výroby



Příloha C – Tabulka výroby dílců 1 a 2

Oblast svařování	94NCS03	92EKO01	94SAT01	94SAT01	94RUC04	94OSH01	72LAS07	92EKO01	94RUC01	82CHE10	94SRU01	94SRU01	94SEP01	94SEP01	93RUC01	92EKO01	61KBA92	92EKO01	71PEC01	71PEC01	71KTV02	92EKO01	61KBA92
Čekací čas před pracovištěm (h) medián	32,6	2,0	23,3	23,3	1,2	22,8	64,7	2,0	5,1	25,2	24,3	24,3	1,0	1,0	8,4	2,0	6,6	2,0	22,5	22,5	3,8	2,0	6,6
Normovaný čas operace (minuty)	15	6	5,5	5,5	15	165	6,7	6	8,5	38	8,2	9,8	59	34	7,2	6	20	6	7,5	7,5	10	6	20
Přípravný čas výroby (minuty)	30	0	15	15	0	30	27	0	0	0	5	5	15	5	0	0	5	0	0	0	0	0	5

Oblast obrábění	94NCS05	94OSH01	94NCS02	94NCB01	94NCF04	94NCF04	94NCF03	92EKO01	94RUC01	72LAS07	92EKO01	94RUC01	92EKO01	61KBA92	61KDE02	61KDE01	61KAM94
Čekací čas před pracovištěm (h) medián	47,3	22,8	17,0	27,3	5,1	5,1	35,7	2,0	5,1	64,7	2,0	5,1	2,0	6,6	20,1	15,6	2,6
Normovaný čas operace (minuty)	720	0	720	205	8,5	8,6	270	6	2,3	27	6	8,7	6	20	20	40	40
Přípravný čas výroby (minuty)	30	30	60	60	40	60	45	0	0	31	0	0	0	5	0	0	0

Oblast kooperace a finalizace	68EXP01	67KOO45	61KVK01	92EKO01	81OTR01	81PLA05	94RUC01	93RUC01	94SRU01	82CHE03	61KBA92	61KAM94	94RUC04	61KAM94
Čekací čas před pracovištěm (h) medián	11,8	243,8	0,0	2,0	22,3	3,1	5,1	8,4	24,3	1,9	6,6	2,6	1,2	2,6
Normovaný čas operace (minuty)	15	0	15	6	90	98	8,3	51	3,2	18	20	69	15	10
Přípravný čas výroby (minuty)	0	0	0	0	5	20	0	0	10	0	5	0	0	0

Příloha D Čekací časy před pracovišti

Čekací doba před pracovištěm			
Pracoviště	Medián (h)	Průměr (h)	Průměr/medián
94SEP01	1,0	36,0	36,9
94SEP01	1,0	36,0	36,9
61KAM94	2,6	17,8	7,0
61KAM94	2,6	17,8	7,0
61KAM94	2,6	17,8	7,0
94RUC04	1,2	7,6	6,5
94RUC04	1,2	7,6	6,5
93RUC01	8,4	44,5	5,3
93RUC01	8,4	44,5	5,3
94NCF04	5,1	26,8	5,3
94NCF04	5,1	26,8	5,3
94RUC01	5,1	23,3	4,6
94RUC01	5,1	23,3	4,6
94RUC01	5,1	23,3	4,6
94RUC01	5,1	23,3	4,6
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
92EKO01	2,0	8,4	4,1
61KBA92	6,6	20,8	3,1
61KBA92	6,6	20,8	3,1
61KBA92	6,6	20,8	3,1
61KBA92	6,6	20,8	3,1
82CHE03	1,9	5,7	3,1
71KTV02	3,8	10,7	2,8
61KDE02	20,1	49,6	2,5
94SRU01	24,3	60,2	2,5
94SRU01	24,3	60,2	2,5
94SRU01	24,3	60,2	2,5
94SAT01	23,3	57,0	2,4
94SAT01	23,3	57,0	2,4
61KDE01	15,6	36,9	2,4
94NCS03	32,6	74,7	2,3
94NCS02	17,0	38,1	2,2
94OSH01	22,8	44,8	2,0
94OSH01	22,8	44,8	2,0
81PLA05	3,1	5,9	1,9
94NCS05	47,3	86,1	1,8
94NCB01	27,3	48,4	1,8
68EXP01	11,8	19,6	1,7
94NCF03	35,7	59,0	1,7
71PEC01	22,5	35,9	1,6
71PEC01	22,5	35,9	1,6
81OTR01	22,3	35,3	1,6
82CHE10	25,2	36,8	1,5
72LAS07	64,7	83,4	1,3
72LAS07	64,7	83,4	1,3
67KOO45	243,8	252,2	1,0
Suma čekací doba (h)	**951,3**	**1917,5**	
Suma čekací doba (dny)	**39,6**	**79,9**	

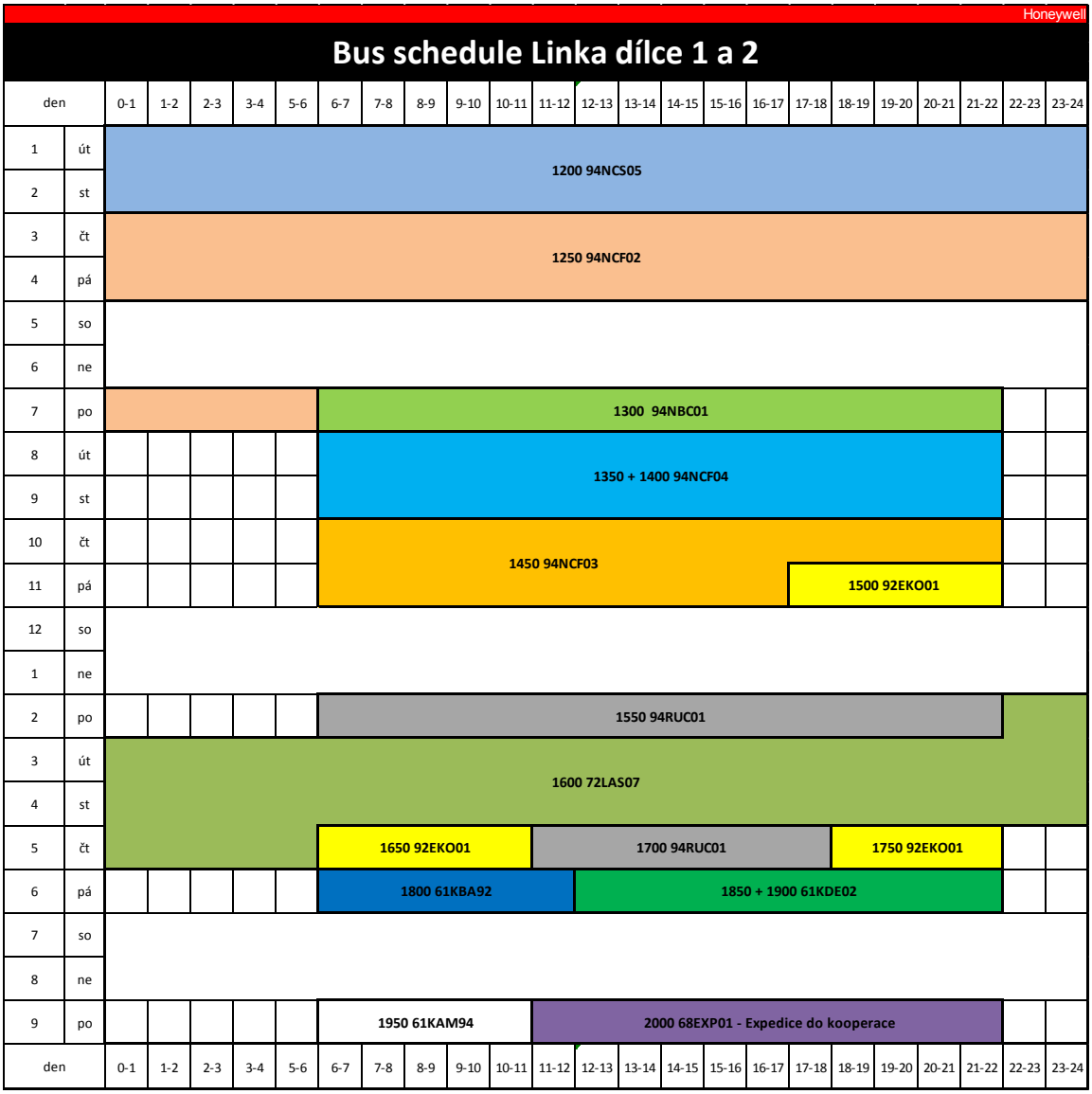
Příloha E – Vizualizace rozvrhu výroby dílců 1 a 2

Honeywell

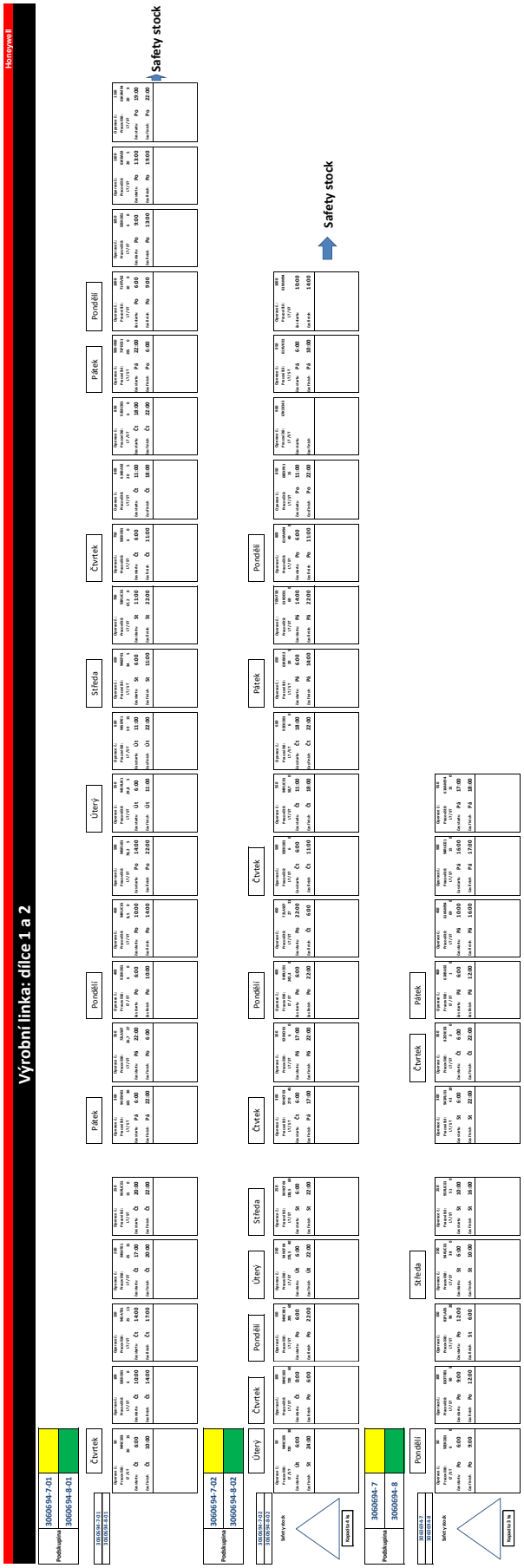
Bus schedule Linka dílce 1 a 2

den		0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
1	čt						50 94NCS03				100 92EKO01				150+200 94SAT01						250 94RUC01			
2	pá						300 94OSH01																	
3	so	400 72LAS07																						
4	ne																							
5	po						450 92EKO01				500 94RUC01				550 94SRU01									
6	út						600 94SRU01					650+700 94SEP01												
7	st						650+700 94SEP01					750 93RUC01												
8	čt						800 92EKO01					850 61KBA92							900 92EKO01					
9	pá	950+1000 71PEC01																						
10	so																							
11	ne																							
12	po						1050 71KTV02			1100 92EKO01				1150 KBA92						1160 94KAM01				
		0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24

Příloha E – Vizualizace rozvrhu výroby dílců 1 a 2



Příloha F – Vizuální řízení výroby dílců 1 a 2 pro Tier 2

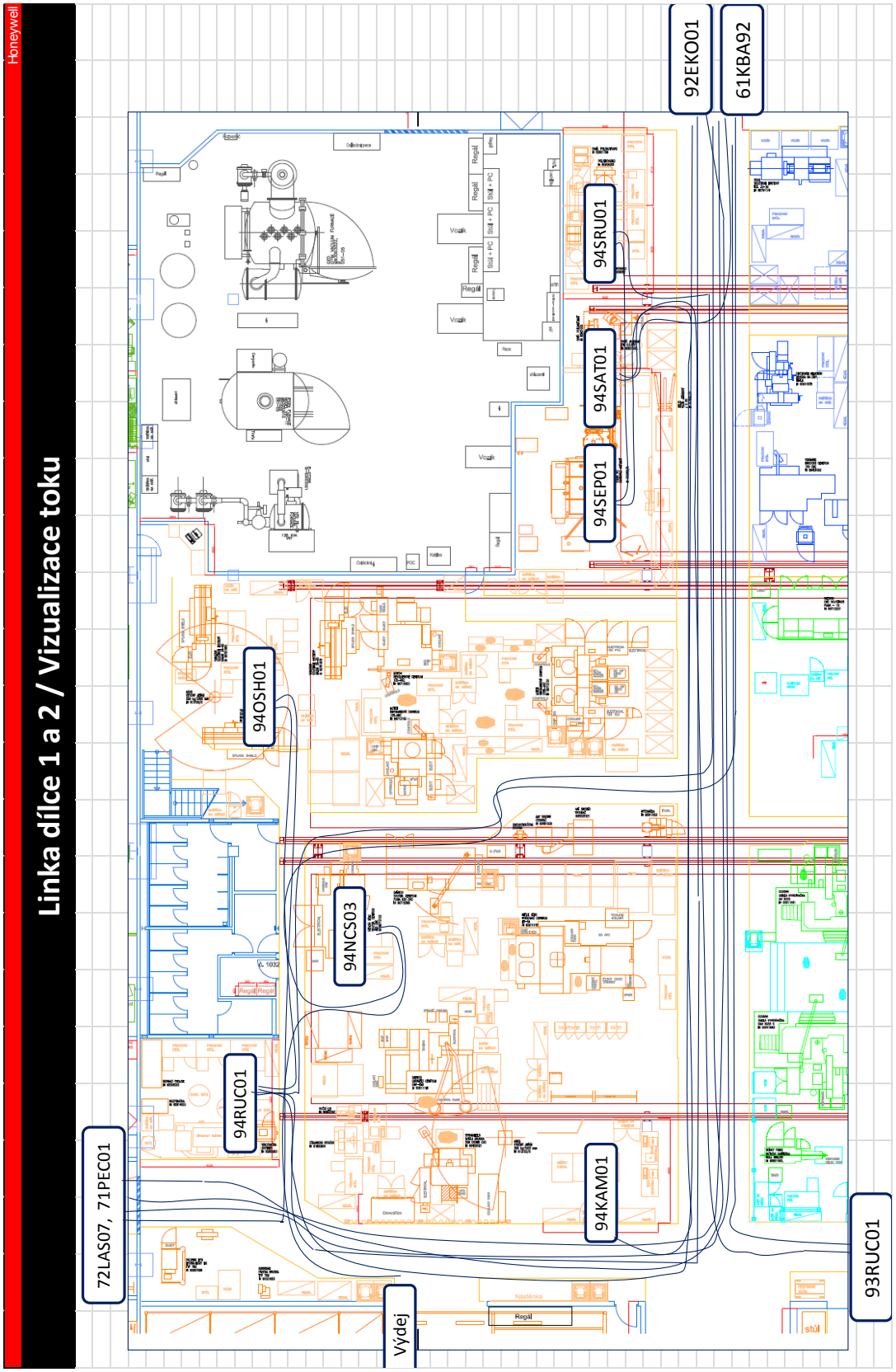


Příloha G – Vizuální řízení výroby dílců 1 a 2 pro pracoviště

Honeywell

Linka dílce 1 a 2			Pracoviště č.:				4
94RUC01							93RUC01
Operace č.:			500		250		750
Příjezd			Pondělí 10:00		Čtvrtek 20:00		Středa 11:00
Čas nejzažšího startu	dávka (ks)	2	Po 13:37		Čt 21:25		Po 19:25
		3	Po 13:30		Čt 21:10		Po 18:18
Odjezd			Pondělí 13:55		Čtvrtek 21:55		Středa 21:55
Předchozí pracoviště			92EKO01		94SAT01		94SEP01
Současné			94RUC01		94RUC01		94RUC01
Následující			94SRU01		94OSH01		92EKO01

Příloha H – Špagetový diagram 1. oblasti výroby dílců 1 a 2



Příloha I – FMEA

10 Neopravitelná vada s dopadem na funkčnost, zmetek, bezpečnostní riziko
7 Opravitelná neshoda, neschválené RMRA, významně zvyšuje náklady na výrobu
4 RMRA, jiný druh výjimek, které není nutné opravovat
1 Drobná vada, která nemá vliv na funkci

10 = > 90%
7 = 50% - 90%
4 = 20% - 50%
1 = < 20 %

10 Not detectable/Příčinu nelze odhalit vůbec nebo jen velmi těžko.
7 Nízká schopnost odhalit příčinu, více jak 30% výskytů neodhalíme.
4 Příčinu poměrně často odhalíme, může se stát, že 30% a méně neodhalíme.
1 Příčinu skoro vždy odhalíme, spíše zřídka se může stát, že nám něco unikne.

RPN = SEV*OCC*DET

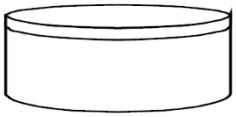
Procesní krok/vstup nebo potenciální riziko	Potenciální způsob selhání/možná vada	Dopad selhání/možné následky	SEV	Potenciální příčina selhání	OCC	Stávající způsob kontroly	DET	RPN	Doporučené akce	Plán/Odpovědnost	Provedená opatření	SEV	OCC	DET	RPN
Materiál podskupin pro zakázku	Chybějící materiál pro zakázku	Nemožnost vydat zakázku	10	Dodavatel zpozdil dodávku	4	stav skladu podskupin / plánovač	4	160	**Aplikace kanban řízení a pojistnou zásobu na podskupiny pro finální sestavu**						
	Operátor nerespektuje rozvrh	Selhání posloucpnosti zpracování dle rozvrhu	10	neproškolený operátor	7	Tier 2 / koordinátor	7	490	**Proškolení operátorů v řízení fronty před pracovištěm v rámci výroby dílců 1 a 2, tvorba vizualizace pro usnadnění řízení fronty**	**Tým améby 1940 / Lean oddělení**	Splnění doporučených akcí	**1**	**4**	**1**	**4**
	Plánovač vydává zakázku mimo časový rozvrh nájezdu do linky	Dílce čekají na nájezd do linky v přístím termínu / Počet kusů překračuje kapacitu linky	7	Plánovač nerespektoval čas pro vydání zakázky pro linku	7	Tier 2	4	196	**Naplánovat start linky ke konci pracovního týdne a dát tak plánovači prostor pro vydání zakázky za jeho začátku**	**Lean**	Start linky naplánován na čtvrtek	**1**	**4**	**1**	**4**
Materiál podskupin pro zakázku	Chybějící materiál pro zakázku	Nemožnost vydat zakázku	10	Dodavatel zpozdil dodávku	4	stav skladu podskupin / plánovač	4	160	**Aplikace kanban řízení a pojistnou zásobu na podskupiny pro finální sestavu**	**Oddělení plánování**	Dosud bez řešení				
Rozvrh	Dílce se zpožďují, vypadávají z linky	LT dílců překračuje stanovenou hodnotu	7	Jiné priority na pracovištích	7	Tier 2	4	196	**Nastvit rozvrh s dostatečnou rezervou pro zpracování HOT parts dílců, změna rozvrhu. Přizpůsobení pojistné zásoby výpadkům.**	**Lean**	Nastavena rezerva v časech zpracování linkových dílců				
			7	Vznik neshody na dílcích	4	Tier 2	7	196	**Projekt na redukci COPQ na dílcích**	**Oddělení tehnologie**	Nedostatek kapacit pro projekty COPQ, práce na jiných prioritách				
Rozpracované dílce	Dílce nedošly na pracoviště v daný čas	Zpoždění dílce, výpadek z linky, delší LT dílců	10	Předchozí pracoviště nestihlo dílce pracovat	4	Koordinátor, Tier 2	7	280	**Stanovit pravidla pro komunikaci špatného toku, dříve než na Tier 2**	**Vedení améby**	V řešení				
Dílce v dávce >=2ks	v daný čas odeslání do kooperace není dávka kompletní	Nadbytečné náklady na zpracování v kooperaci	7	Nedodržování rozvrhu, technolocké problémy, jiné zpoždění dílce	7	žádná	10	490	**Zavedení pojistné zásoby před operaci Kooperace pro možnost odesílání plné dávky i přes momentální nedostatek dílců, nastavení dávky v SAP**	**Plánování**	Dosud neřešeno				
Rozvrh pro oddělení expedice	Zpozdění odeslání	Pozdní doprava do kooperace	10	Pozdní dodání do oddělení expedice	4	bez kontroly	7	280	**Nastavit komunikaci mezi oddělením expedice při případném nedodržení rovrhu ze strany améby. Nastavit pojistnou zásobu pro vyrovnání výkyvů času dodání.**	**Supervizor 1940**	Dosud neřešeno				
		Pozdní doprava do kooperace	10	Nedodržování rozvrhu ze strany expedice	4	bez kontroly	10	400	**Nastavit dostatečnou rezervu pro zpracování odesílání v rámci expedice**	**Lean**	Rezerva nastavena	**10**	**1**	**10**	**100**
Rozvrh	Dílce se zpožďují, vypadávají z linky	LT dílců překračuje stanovenou hodnotu	7	Jiné priority na pracovištích	7	Tier 2	4	196	**Nastvit rozvrh s dostatečnou rezervou pro zpracování HOT parts dílců, změna rozvrhu. Přizpůsobení pojistné zásoby výpadkům.**	**Lean**	Nastavena rezerva v časech zpracování linkových dílců				
			7	Vznik neshody na dílcích	4	Tier 2	7	196	**Projekt na redukci COPQ na dílcích**	**Oddělení tehnologie**	Nedostatek kapacit pro projekty COPQ, práce na jiných prioritách				
	Dílce nedošly z kooperace v daný čas	Ohrožení zákazníka	10	Zpoždění dopravce	4	Koordinátor, Tier 2	4	160	**Nastvit rozvrh s dostatečnou rezervou pro dopravu a zpracování v kooperaci.**	**Lean**	Nastavena rezerva				

Příloha J – Řídící plán

Řízený objekt					Senzor			Měření			Vyhodnocení			Akce	
Popis	Jednotka	Cíl	Dolní mez	Horní mez	Metoda	Instrument	Spolehlivost	Místo kde dochází k měření	Frekvence	Vzorek	Graf / report	Výsledek	Signál	Doporučená akce	Vlastník akce
Materiál pro zakázku	kusy	větší než požadavek	rovno požadavku	2 měsíční spotřeba	Kontrola skladové zásoby	SAP	-	Sklad vstupního materiálu / Kanban meziskład	Při triggeru zákazníka/skladu, SIOP	100%	SAP report	Naplněnost skladu	Nedostatek materiálu	Kontakt material managementu, dodavatele materiálu	Plánovač 1940
Dodržování rozvrhu	% zpožděných dílců	0	0	20	Tier 2	Vizualizace polohy dílců	-	Poloha dílců na pracovištích	1x denně	100%	Vizualizace Tier 2	Porovnání požadované pozice dle rozvrhu / skutečnost	Dílec mimo rozvrh	RCCA zmeškání rovrhu	Plánovač + Koordinátor 1940
Opetáror linky - kontrola včasných dodávek dílců dle rozvrhu na pracoviště	počet zpožděných dílců/dávky	0	0	0	Kontrola fronty pracoviště	Vizuální/SAP	-	Vizuální kontrola / ZMBWN transakce v SAP	Dle rovrhu pracoviště	100%	-	Včasnost příjezdu dílců na pracoviště	Dílec/dávka nedorazila	Eskalace na teamleadera	teamleader kontaktuje plánovače a koordinátora aměby
Odesíaná dávka pro kooperaci	ks	>=2	2	-	Odvedení operace expedice	SAP	-	ZMBWN transakce v SAP	Při triggeru zákazníka finální sestavy	100%	SAP report	Do kooperace odeslány dílce v dávce 2 a více	Dílec odesílán samostatně	Eskalace na koordinátora	Plánovač

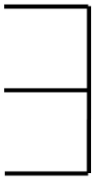
Příloha H – Symboly a značky VSM

Dodavatel/zákazník



Výrobní management

Kanban karta



Supermarket

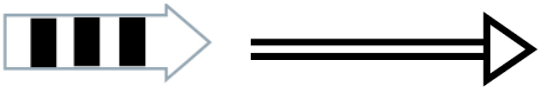
Kanban drop box

Pull signál

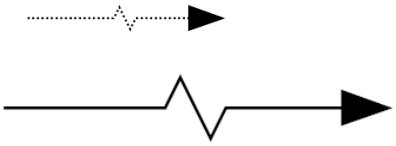
Fronta výrobních zakázek

Symbol operátora

Symbol pro změnu stavu (např. skladové zásoby)



Symbol pro fyzický přesun materiálu



Elektronický tok informací

Zásoba (materiál, výrobky)

Procesní krok

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Ivaně Šajdlerové, Ph.D. za příkladnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc při zpracování mé práce. Dále chci poděkovat společnosti Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. a hlavně kolegovi a specialistovi štíhlé výroby panu Ondřeji Beranovi, za věcné rady z praxe, pomoc a poskytnutí materiálů pro vypracování praktické části této diplomové práce. V neposlední řadě děkuji svým rodičům za všestrannou podporu při studiu.